

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Produção

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO
DE RISCOS EM AMBIENTES DE TRABALHO**

Dissertação de Mestrado
MARCELO CARVALHO BOTTAZZINI



04046321

Florianópolis
2001

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO
DE RISCOS EM AMBIENTES DE TRABALHO**

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Produção



SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO
DE RISCOS EM AMBIENTES DE TRABALHO

MARCELO CARVALHO BOTTAZZINI

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
Como requisito parcial para obtenção
Do título de Mestre em
Engenharia de Produção

Florianópolis
2001

MARCELO CARVALHO BOTTAZZINI

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO
DE RISCOS EM AMBIENTES DE TRABALHO**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Mestre**
em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 17 de dezembro de 2001

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA


Prof. Alejandro Martins Rodriguez, Dr.

Orientador


Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.


Prof. Luis Alberto Gomez, Dr.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Ezio Bottazzini e Juversina Carvalho Bottazzini (in memoriam),
por sempre terem acreditado em mim.

À minha querida esposa,
Marinês Lara Bottazzini,
pelo seu amor, paciência, carinho e dedicação, que nos momentos
de desânimo e dificuldades, foi a responsável pelos meus sucessos.

Aos meus filhos,
Mariana Lara Bottazzini e Bruno Lara Bottazzini,
pela compreensão nos momentos que estivemos de estar separados,
em função dos inúmeros compromissos assumidos, neste período tão
importante de suas vidas.

Agradeço a
DEUS,
Por ter sido sempre a luz do meu caminho.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Santa Catarina;
ao Professor Dr. Alejandro Martins Rodriguez,
pela maneira simpática, cordial e respeitosa como se conduziu
na tarefa de orientador, sobretudo pela preocupação e
critério com a elaboração deste trabalho;
À todos os Professores do Curso de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção;
Ao meu amigo,
Jordan Pauleski Juliani,
pelo empenho, dedicação e zelo, em sua atribuição
como tutor, e que nos momentos de dificuldades,
teve sempre uma palavra de estímulo.
Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram
para a realização deste sonho.

“Quando uma criatura humana desperta para um grande sonho e sobre ele lança toda a força de sua alma... Todo o Universo conspira a seu favor”.

Goethe

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS.....	p. xii
	LISTA DE QUADROS.....	p. xiii
	LISTA DE TABELAS.....	p. xiv
	RESUMO.....	p. xv
	ABSTRACT.....	p. xvi
1	INTRODUÇÃO.....	p. 1
1.1	APRESENTAÇÃO.....	p. 1
1.2	OBJETIVOS.....	p. 3
1.2.1	Objetivo Geral.....	p. 3
1.2.2	Objetivos Específicos.....	p. 4
1.3	JUSTIFICATIVA.....	p. 4
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	p. 10
2	A SEGURANÇA NO TRABALHO.....	p. 11
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	p. 11
2.2	CONCEITO DE RISCO.....	p. 12
2.3	RISCOS NO AMBIENTE DE TRABALHO.....	p. 15
2.4	RISCOS FÍSICOS.....	p. 16
2.4.1	Ruído.....	p. 17
2.4.1.1	Conceito de Ruído.....	p. 17
2.4.1.2	Avaliação do Ruído.....	p. 21
2.4.1.3	Limites de Tolerância ao Ruído.....	p. 21
2.4.1.4	Conseqüências (Doenças Causadas pelo Ruído).....	p. 23
2.4.1.5	Medidas de Controle dos Ruídos (Regras de Proteção).....	p. 25
2.4.2	Vibrações.....	p. 25

2.4.2.1	Conceito de Vibração.....	p.	25
2.4.2.2	Avaliação das Vibrações.....	p.	26
2.4.2.3	Limites de Tolerância às vibrações.....	p.	27
2.4.2.4	Conseqüências das Vibrações.....	p.	27
2.4.2.5	Medida de Controle das Vibrações.....	p.	29
2.4.3	Calor.....	p.	29
2.4.3.1	Conceito de Calor.....	p.	29
2.4.3.2	Avaliação da Exposição ao Calor.....	p.	31
2.4.3.3	Limites de Tolerância ao Calor.....	p.	32
2.4.3.4	Conseqüências do Calor.....	p.	35
2.4.3.5	Medidas de Controle do Calor.....	p.	36
2.4.4	Frio.....	p.	37
2.4.4.1	Conceito de Frio.....	p.	37
2.4.4.2	Avaliação do Frio.....	p.	37
2.4.4.3	Limites de Tolerância ao Frio.....	p.	37
2.4.4.4	Conseqüências do Frio.....	p.	38
2.4.4.5	Medidas de Controle do Frio.....	p.	39
2.4.5	Radiações Ionizantes.....	p.	39
2.4.5.1	Conceito de Radiações Ionizantes.....	p.	39
2.4.5.2	Avaliação das Radiações Ionizantes.....	p.	40
2.4.5.3	Limites de Tolerância às Radiações Ionizantes.....	p.	40
2.4.5.4	Conseqüências das Radiações Ionizantes.....	p.	40
2.4.5.5	Medidas de Controle das Radiações Ionizantes.....	p.	41
2.4.6	Radiações não Ionizantes.....	p.	41
2.4.6.1	Conceito de Radiação não Ionizante.....	p.	41
2.4.6.2	Avaliação das Radiações não Ionizantes.....	p.	41
2.4.6.3	Limites de Tolerância às Radiações não Ionizantes.....	p.	42
2.4.6.4	Conseqüências das Radiações não Ionizantes.....	p.	42
2.4.6.5	Medidas de Controle das Radiações não Ionizantes.....	p.	42
2.5	RISCOS QUÍMICOS.....	p.	43
2.5.1	Conceito de Agente Químico.....	p.	43
2.5.2	Avaliação dos Agentes Químicos.....	p.	44

2.5.3	Limites de Tolerância aos Agentes Químicos.....	p.	45
2.5.4	Conseqüências da Exposição aos Agentes Químicos.....	p.	45
2.5.5	Medidas de Controle dos Agentes Químicos.....	p.	45
2.6	RISCOS BIOLÓGICOS.....	p.	46
2.6.1	Conceito de Agentes Biológicos.....	p.	46
2.6.2	Avaliação dos Agentes Biológicos.....	p.	46
2.6.3	Limites de Tolerância aos Agentes Biológicos.....	p.	46
2.6.4	Conseqüências da Exposição aos Agentes Biológicos.....	p.	47
2.6.5	Medidas de Controle dos Agentes Biológicos.....	p.	48
2.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	p.	49
3	SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	p.	50
3.1	INTRODUÇÃO.....	p.	51
3.2	CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS.....	p.	52
3.3	ARQUITETURA DE SISTEMA ESPECIALISTA.....	p.	54
3.3.1	Base de Conhecimento.....	p.	54
3.3.2	Máquina de Inferência.....	p.	56
3.3.3	Memória de Trabalho.....	p.	56
3.4	REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	p.	57
3.4.1	Regras.....	p.	59
3.4.2	Objeto-atributo-valor.....	p.	60
3.4.3	Redes Semânticas.....	p.	61
3.4.4	Lógica Proposicional.....	p.	63
3.5	MÉTODOS DE INFERÊNCIA.....	p.	64
3.5.1	Encadeamento para Frente.....	p.	64
3.5.2	Encadeamento para Trás.....	p.	65
3.6	AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO.....	p.	66
3.7	SHELLS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	p.	69
3.8	VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SES.....	p.	70
3.9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	p.	72

4	DESCRIÇÃO, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....	p. 73
4.1	INTRODUÇÃO.....	p. 73
4.2	MODELO PROPOSTO.....	p. 74
4.3	FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA PROPOSTO.....	p. 78
4.4	SISTEMA ESPECIALISTA APLICADO AO SISTEMA.....	p. 79
4.4.1	Alternativas de Aplicação de Sistemas Especialistas Pesquisadas.....	p. 84
4.5	FUNÇÕES DO SISTEMA ESPERTO.....	p. 84
4.5.1	Função de Cadastros.....	p. 85
4.5.2	Função de Diagnósticos.....	p. 88
4.5.3	Funções de Monitoramento e Agenda.....	p. 94
4.5.4	Funções de Gráfico e Normas.....	p. 95
4.6	OPERAÇÃO DO SISTEMA.....	p. 97
4.6.1	Módulo de Cadastro.....	p. 98
4.6.2	Módulo de Diagnóstico.....	p. 98
4.6.3	Módulo de Monitoramento.....	p. 99
4.6.4	Módulo Agenda.....	p. 99
4.6.5	Módulo Gráfico.....	p. 99
4.6.6	Módulo Normas.....	p. 100
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	p. 101
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	p. 102
7	ANEXOS.....	p. 106
7.1	RELAÇÃO DE ALGUMAS SHELLS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	p. 106
7.2	DECIBELÍMETRO.....	p. 108
7.3	ACELERÔMETRO.....	p. 109
7.4	TERMÔMETROS.....	p. 110

7.5	CONTADOR GEIGER.....	p. 111
7.6	BOMBAS DE AMOSTRAGENS E TUBOS COLORIMÉTRICOS.....	p. 112
	GLOSSÁRIO.....	p. 113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Faixa de Frequência de Vibração Sonora (Hz).....	p.	18
Figura 2:	Faixa de Pressão Sonora (N/m ²).....	p.	18
Figura 3:	Troca Térmica entre o Organismo e o Ambiente.....	p.	30
Figura 4:	Resolução de Problemas por Sistemas Especialistas.....	p.	54
Figura 5:	Estrutura de um Sistema Especialista.....	p.	57
Figura 6:	Objeto-atributo-valor.....	p.	61
Figura 7:	Representação de Rede Semântica.....	p.	62
Figura 8:	Processo de Aquisição de Conhecimento.....	p.	68
Figura 9:	Visualização do Sistema Esperto.....	p.	75
Figura 10:	Arquitetura Lógica do Sistema Proposto.....	p.	76
Figura 11:	Sistema Implementado.....	p.	77
Figura 12:	Tela de Cadastro de Empresas.....	p.	86
Figura 13:	Tela de Cadastro de Departamentos.....	p.	87
Figura 14:	Tela de Cadastro de Funcionários.....	p.	88
Figura 15:	Tela de Diagnóstico.....	p.	89
Figura 16:	Tela de Identificação do Tipo de Ruído.....	p.	90
Figura 17:	Tela de NPS e Tempo de Exposição.....	p.	90
Figura 18:	Tela de Identificação do Período de Descanso.....	p.	91
Figura 19:	Tela do Tipo de Atividade Desenvolvida pelo Trabalhador.....	p.	91
Figura 20:	Tela de Regime de Trabalho Desenvolvido pelo Trabalhador.....	p.	92
Figura 21:	Tela de Temperatura.....	p.	92
Figura 22:	Tela de Relatório de Diagnóstico.....	p.	93
Figura 23:	Tela de Monitoramento.....	p.	94
Figura 24:	Tela de Agenda.....	p.	95
Figura 25:	Tela de Gráfico.....	p.	96
Figura 26:	Tela de Norma.....	p.	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de Representações de Conhecimentos..... p. 58

Quadro 2: Operadores Lógicos e Símbolos..... p. 63

Quadro 3: Características dos Encadeamentos..... p. 64

Quadro 4: Relação das Variáveis das Radiações Ionizantes..... p. 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de Acidentes e Doenças do Trabalho no Brasil, de 1970 à 1999..... p. 2

Tabela 2: Acidentes de Trabalho Registrados por Motivo, em 1999. p. 6

Tabela 3: Acidentes de Trabalho Liquidados, por conseqüências, em 1999..... p. 8

Tabela 4: Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente..... p. 22

Tabela 5: Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho..... p. 33

Tabela 6: Regime de Trabalho Intermitente com Descanso em Outro Local..... p. 33

Tabela 7: Taxa de Metabolismo por Atividade..... p. 34

Tabela 8: Exposição Máxima a Baixas Temperaturas..... p. 38

Tabela 9: Limites de Dose – mSv/ano (milisievert/ano)..... p. 40

RESUMO

BOTTAZZINI, Marcelo Carvalho. **Sistema Inteligente de Monitoramento de Riscos em Ambientes de Trabalho**. 131f. Florianópolis, 2001, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

A principal finalidade deste trabalho é oferecer ao usuário, profissional da Engenharia de Segurança, uma ferramenta que seja capaz de auxiliá-lo, com eficiência, no desempenho de suas funções na área de higiene do trabalho.

Neste trabalho foi desenvolvido um Sistema Especialista integrado a um sistema convencional de informações, que a partir de dados colhidos nos locais de trabalho, seja possível, analisar os riscos encontrados, determinar a insalubridade ou não do ambiente, e indicar as medidas corretivas mais adequadas a serem tomadas, oferecendo a possibilidade de um monitoramento eficaz, visando a preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores.

Pode-se destacar também, que além de ser uma importante ferramenta de apoio ao processo de tomada de decisão, este sistema possui um ambiente adequado para ser utilizado em treinamentos.

Palavras-chave: riscos ambientais, sistemas especialistas, segurança no trabalho.

ABSTRACT

BOTTAZZINI, Marcelo Carvalho. **Sistema Inteligente de Monitoramento de Riscos em Ambientes de Trabalho.** 130f. Florianópolis, 2001, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

The principal finality of this work is to offer to the user, professional of the Engineering in Security, a tool that be able to help, with efficiency, in performing his functions in area of work hygiene.

In this work was developed a Expert System integrated to a conventional system of informations, that it starts from the acquired data on the place of work, that be possible, to analyze the present risks, and to determine the insalubrity if it exists, or not, and to indicate the suitable correct measures to be taken, offering the possibility of monitoring it with success, in intention of preserving health and of the physical integrity of workmen.

It can detach also, that besides being one important tool to determine the process of decision, this system has suitable environment to be used in trainings.

Key-words: environmental risks, expert systems, safety in work.

1 INTRODUÇÃO

*"A vida é a maior de todas as artes."
Mahatma Gandhi*

1.1 APRESENTAÇÃO

A prevenção de acidentes no trabalho, é uma área de estudo extremamente complexa, e exige de todos que nela atuam, um conhecimento e uma visão muito ampla dos problemas encontrados. As causas mais comuns de acidentes no trabalho e doenças ocupacionais são conhecidas como:

atos inseguros, que são ações praticadas sem um mínimo de segurança, em sua grande maioria, por falta de conhecimento daqueles que a praticam, colocando em risco sua integridade física e a de outros.

A outra causa, também muito comum, que provoca inúmeros acidentes todos os dias no país, é conhecida como **condição insegura**, que está relacionada aos ambientes de trabalho inadequados, esta não depende tanto do conhecimento de suas vítimas, mas daqueles que por motivos diversos, as colocam em situações que normalmente as levam à perda da saúde, ou em casos extremos, à perda da vida (Monteiro, 1992).

De acordo com informe estatístico fornecido pelo Ministério da Previdência e Assistência Social, apesar de ano após ano, o número de acidentes no trabalho e doenças ocupacionais estarem em descendência, ainda assim é preocupante a situação em que se encontra o trabalhador brasileiro frente aos riscos que lhe são impostos. A Tabela 1 nos mostra os números de doenças, acidentes e óbitos no trabalho no Brasil desde de 1970 até 1999. Os acidentes foram divididos em duas categorias: acidentes típicos, ou seja, todo aquele ocorrido no ambiente de trabalho ou durante a sua realização, e acidentes de trajeto, ou seja todo aquele ocorrido entre a residência do operário e o local de trabalho.

É portanto necessário que, todos que estão envolvidos neste processo, patrões e empregados, tomem consciência da importância da prevenção de todo tipo

de acidente e doenças originárias dos trabalho, como forma de minorar sofrimentos, e a aumentar a produtividade, com a convicção de que o ser humano é o centro do processo produtivo, ou seja, de que não há produção eficiente sem a satisfação humana no trabalho.

**Tabela 1 – Número de Acidentes e Doenças do Trabalho no Brasil,
de 1970 a 1999**

Ano	Massa Segurada	Empregados Celetistas	Acidentes Típico	Acidentes Trajeto	Doenças	Total Acidentes	Óbitos
1970	7.284.022		1.199.672	14.502	5.937	1.220.111	2.232
1971	7.553.472		1.308.335	18.138	4.050	1.330.523	2.587
1972	8.148.987		1.479.318	23.389	2.016	1.504.723	2.854
1973	10.956.956		1.602.517	28.395	1.784	1.632.696	3.173
1974	11.537.024		1.756.649	38.273	1.839	1.796.761	3.833
1975	12.996.796		1.869.689	44.307	2.191	1.916.187	4.001
1976	14.945.489		1.692.833	48.394	2.598	1.743.825	3.900
1977	16.589.605		1.562.957	48.780	3.013	1.614.750	4.445
1978	16.638.799		1.497.934	48.511	5.016	1.551.501	4.342
1979	17.637.127		1.388.525	52.279	3.823	1.444.627	4.673
1980	18.686.355		1.404.531	55.967	3.713	1.464.211	4.824
1981	19.188.536		1.215.539	51.722	3.204	1.270.465	4.808
1982	19.476.362		1.117.832	57.874	2.766	1.178.472	4.496
1983	19.671.128		943.110	56.989	3.016	1.003.115	4.214
1984	19.673.915		901.238	57.054	3.233	961.575	4.508
1985	20.106.390	18.923.062	1.010.340	63.515	4.006	1.077.861	4.384
1986	21.568.660	19.805.287	1.129.152	72.693	6.014	1.207.859	4.578
1987	22.360.750	20.224.585	1.065.912	64.830	6.382	1.137.124	5.738
1988	23.045.901	21.164.050	926.354	60.202	5.025	991.581	4.616
1989	23.678.607	21.847.772	825.081	58.524	4.838	888.443	4.554
1990	22.755.875	20.407.880	632.012	56.343	5.217	693.572	5.355
1991	22.792.858	19.584.604	579.362	46.679	6.281	632.322	4.527
1992	22.803.065	18.676.063	490.916	33.299	8.299	532.514	3.516
1993	22.722.008	19.026.331	374.167	22.709	15.417	412.293	3.110
1994*	23.016.637	18.778.872	350.210	22.824	15.270	388.304	3.129
1995**	23.614.200	18.763.518	374.700	28.791	20.646	424.137	3.967
1996	24.311.448	18.924.763	325.870	34.696	34.889	395.455	4.488
1997	23.275.605	18.862.098	347.482	37.213	36.648	421.343	3.469
1998***			347.738	36.114	30.489	414.341	4.144
1999			319.617	36.716	22.032	378.365	3.923

Fonte: BEAT, INSS. A partir de 1996 os dados foram extraídos da CAT – Comunicação de Acidentes de Trabalho e SUB – Sistema Único de Benefícios, desenvolvidos pela DATAPREV.

*Dados parciais, faltando CE out. a dez., RS abr. a dez., DF jun. a dez., AC e RO jan. dez.

Dados parciais, faltando MA ago. a dez., RS jan. a dez. e DF ago. a dez. *As informações de 98 foram revistas.

A segurança no trabalho, envolve diversas ciências, que são estudadas e aplicadas em cada risco encontrado, como por exemplo: a Física, a Química, a Biologia tendo como grande destaque a engenharia e a medicina, seria pois necessário que todo aquele que tivesse inserido em um processo produtivo, tivesse grande conhecimento de todas essas áreas, para formarem conceitos e compreender a importância de se implantar medidas de segurança.

A proposta desta dissertação refere-se a construção de um Sistema Especialista que facilite o diagnóstico por parte dos engenheiros de segurança do trabalho, dos riscos encontrados nos ambientes laborais, qual a sua importância para a saúde de todos, qual a atitude tomar para eliminá-los ou minorar seus efeitos maléficos, seja no organismo humano, seja no meio ambiente.

O referido sistema terá a função de auxiliar o engenheiro no desempenho de suas atividades, sendo utilizado como um sistema de apoio a decisão.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Construir um sistema computacional inteligente, capaz de analisar riscos à partir de informações fornecidas pelo Engenheiro de Segurança e levantadas nos ambientes de trabalho, com o auxílio de todos que estão envolvidos nos processos produtivos que são avaliados.

1.2.2 Objetivo Específico

Desenvolver um sistema computacional com as seguintes características:

- ♦ Interface para cadastrar empresas;
- ♦ Interface para cadastrar departamentos;
- ♦ Interface para o cadastramento de funcionários;
- ♦ Interface para inserção dos possíveis riscos encontrados em cada departamento da empresa;
- ♦ Capacidade para gerar informações sobre possíveis conseqüências à saúde do trabalhador e/ou ao meio ambiente;
- ♦ Capacidade para analisar os riscos e as medidas de controle a serem adotadas de forma clara, de modo que o usuário tenha uma idéia antecipada das ações a serem implementadas.

1.3 JUSTIFICATIVA

Todos os anos, sucedem milhões de acidentes de trabalho em todo o mundo. Estes acidentes provocam, morte, ferimentos, afastamento de empregados, interrupção de processos produtivos, prejuízos físicos, psicológicos e financeiros.

Os acidentes do trabalho trazem sofrimento para suas vítimas e familiares além da perda de tempo e recursos para as empresas e produz efeitos negativos na

produtividade econômica do país. Este processo consome milhões de reais dos cofres do Estado. E as empresas também perdem recurso, tempo e capacidade humana de trabalho.

Em 1999, o Brasil gastou US\$34.554.973,00 através de benefícios da Previdência Social por causa dos acidentes do trabalho. Neste ano, foram registrados, 378.365 acidentes com uma média de 10,75 mortos por dia, ou seja, uma vítima fatal a cada duas horas. Sendo que esses números representam apenas o universo dos trabalhadores urbanos. O Sudeste foi a região com maior número de acidentes, representando 64,14 % do total verificado no Brasil, de acordo com dados fornecidos pelo CAT, Dataprev e apresentado na Tabela 2. É importante destacar que 50 % dos trabalhadores brasileiros não têm carteira assinada, tornando impossível, obter o número real de acidentes do trabalho.

Tabela 2 - Acidentes de Trabalho registrados por motivo, em 1999

Regiões e Estados	Total	Motivo		
		Típico	Trajetos	Doença do Trabalho
Rondônia	1.423	1.192	198	33
Acre	185	139	32	14
Amazonas	2.271	1.695	201	375
Roraima	81	60	18	3
Pará	4.023	3.475	384	164
Amapá	200	149	51	0
Tocantins	654	566	74	14
Norte	8.837	7.276	958	603
Maranhão	826	651	118	57
Piauí	599	443	138	18
Ceará	3.551	2.630	617	304
Rio Grande do Norte	1.613	1.359	214	40
Paraíba	1.126	858	166	102
Pernambuco	5.924	4.677	870	377
Alagoas	2.703	2.406	198	99
Sergipe	1.165	918	116	131
Bahia	7.482	5.725	845	912
Nordeste	24.989	19.667	3.282	2.040
Minas Gerais	46.491	39.780	3.771	2.940
Espírito Santo	5.646	4.842	561	243
Rio de Janeiro	23.272	18.235	3.729	1.308
São Paulo	167.293	141.722	14.881	10.690
Sudeste	242.702	204.579	22.942	15.181
Paraná	26.857	23.851	2.180	826
Santa Catarina	23.496	20.571	2.295	630
Rio Grande do Sul	35.135	30.284	2.802	2.049
Sul	85.488	74.706	7.277	3.505
Mato Grosso do Sul	3.317	2.871	351	95
Mato Grosso	3.531	3.146	288	97
Goiás	6.304	4.902	1.104	298
Distrito Federal	3.197	2.470	514	213
Centro-Oeste	16.349	13.389	2.257	703
Brasil	378.365	319.617	36.716	22.032

Fonte: CAT, DATAPREV

Estes números são alarmantes, e demonstram que algo é necessário ser feito, não só do ponto de vista de estudos e pesquisas, mas de atos concretos para a redução de acidentes, com investimentos maciços em prevenção, porque no

final, todos os seguimentos da sociedade, sem exceção, acabam tendo que arcar com o ônus da falta de conhecimento e com o imobilismo geral com relação a uma assunto tão importante e tão pertinente a todos.

Se por um lado, o número de acidentes têm diminuído, por outro, isso em nada contribui para a redução do número de mutilados e incapacitados permanentemente, segundo demonstra a tabela 3.

Tabela 3 – Acidentes de Trabalho Liquidados, por Consequência, em 1999

Regiões e Estados	Total	Consequências					
		Assistência Médica	Incapacidade Temporária			Incapacidade Permanente	Óbitos
			Total	- 15 dias	+ 15 dias		
Rondônia	1.430	26	1.253	424	829	118	33
Acre	93	0	66	6	60	21	6
Amazonas	1.420	201	1.143	337	806	61	15
Roraima	71	2	45	0	45	14	10
Pará	3.383	780	2.279	563	1.716	220	104
Amapá	104	0	95	8	87	3	6
Tocantins	506	79	388	143	245	27	12
Norte	7.007	1.088	5.269	1.481	3.788	464	186
Maranhão	554	8	391	26	365	125	30
Piauí	408	17	306	24	282	58	27
Ceará	3.320	592	2.441	825	1.616	206	81
Rio G. do Norte	1.530	65	1.249	482	767	196	20
Paraíba	1.125	35	909	309	600	136	45
Pernambuco	6.161	329	5.221	2.185	3.036	466	145
Alagoas	2.909	307	2.479	1.855	624	85	38
Sergipe	1.248	260	879	444	435	92	17
Bahia	7.976	1.436	5.224	1.590	3.634	1.169	147
Nordeste	25.231	3.049	19.099	7.740	11.359	2.533	550
Minas Gerais	50.502	10.682	36.633	23.517	13.116	2.994	493
Espírito Santo	5.597	1.039	4.137	1.747	2.390	304	117
Rio de Janeiro	21.443	3.463	16.417	7.237	9.180	1.219	344
São Paulo	182.737	22.626	153.647	103.237	50.410	5.423	1.041
Sudeste	260.579	37.810	210.834	135.738	75.096	9.940	1.995
Paraná	28.591	2.104	25.476	15.815	9.661	682	329
Santa Catarina	23.413	1.485	21.128	10.990	10.138	573	227
Rio G. do Sul	34.624	2.726	30.445	11.331	19.114	1.214	239
Sul	86.628	6.315	77.049	38.136	38.913	2.469	795
Mato G. do Sul	3.290	71	2.904	772	2.132	252	63
Mato Grosso	3.278	255	2.734	809	1.925	161	128
Goiás	5.927	255	5.142	2.150	2.992	402	128
Distrito Federal	2.006	105	1.697	385	1.312	126	78
Centro-Oeste	14.501	686	12.477	4.116	8.361	941	397
Brasil	393.946	48.948	324.728	187.211	137.517	16.347	3.923

Fonte: SUB, CAT, DATAPREV

Importantes avanços foram conseguidos na área de Segurança do Trabalho no Brasil mas, ainda há muito a ser feito neste campo. Mesmo havendo programas de prevenção, naturalmente por força de lei, tem-se dirigido praticamente aos trabalhadores dos centros urbanos, talvez em função de uma

maior fiscalização, do que pela própria consciência coletiva, esquecendo-se dos trabalhadores rurais, domésticos e daqueles que estão na economia informal, e de enorme contingente de pessoas que estão esquecidas, sem que se conheça nada sobre suas condições de trabalho, os riscos a que estão submetidas e até mesmo qual sua incidência.

A segurança no país apresenta duas facetas contrastantes. Sendo que de um lado, podemos identificar o Brasil avançado das grandes indústrias, onde o operário conta com inúmeros benefícios, como: refeições, transporte, assistência médica, e o que é mais importante, um departamento de segurança que possui projetos implantados e levantamento de todos os riscos existentes na empresa para os trabalhadores, e os meios possíveis para evitá-los. E de outro lado, podemos encontrar o Brasil dos trabalhadores desassistidos e desinformados, que buscam dentro de suas experiências, enfrentar os perigos de acidentes e doenças ocupacionais em seus ambiente de trabalho. O que está faltando para que estas pessoas também possam participar do processo da prevenção de acidentes, é simplesmente, informação (Dafre, 1987).

Portanto, cabe ao Engenheiro de Segurança, a importante e nobre tarefa, de identificar os riscos que são encontrados em todos os ambientes de trabalho, e tomar medidas efetivas para garantir a segurança de todos.

Porém, em função da complexidade do processo de identificação destes riscos, que envolvem conhecimentos múltiplos em áreas de domínio distintas, é que novas técnicas e novos recursos, se fazem necessários para facilitar a sua identificação e auxiliar na tomada de decisão, e poder atingir o objetivo de reduzir, ou quem sabe até eliminar os riscos de acidentes.

Deste modo, cabe aqui o desenvolvimento deste sistema, pois a vida e o bem estar social está acima de todos os interesses.

2.2 CONCEITO DE RISCO

Conforme De Giorgi e Luhmann (2001) o conceito de risco, no contexto de sua origem histórica, evolução e elaboração conceitual deverão constituir temas de pesquisas específicas, foi definido essencialmente em relação ao âmbito das relações racionais, por assim dizer, como conceito pela elaboração dos problemas de cálculo racional. Surge então consideráveis dificuldades de delimitar significado e conteúdo. Na literatura atual trocam-se e utilizam-se como equivalente ao conceito de risco, formulações como as quais: perigo, insegurança e similares. Mesmo por isso, no plano metodológico é necessário esclarecer no contexto de quais distinções o risco adquire o seu conteúdo e significado próprio.

A distinção entre risco e segurança parece inútil. Segurança enquanto em oposição ao risco, indica apenas um lugar vazio que não pode certamente ser empiricamente preenchido. Segurança, no esquema risco-segurança, indica apenas um conceito reflexivo: ele exhibe apenas a posição da qual todas as decisões podem ser analisadas do ponto de vista do seu próprio risco.

Segurança, neste sentido; universaliza apenas a consciência do risco; haja visto que, à partir do século XVII temas sobre segurança e temas sobre risco se desenvolvem sempre juntos.

No contexto de uma insegurança a respeito do futuro e de um dano possível, se poderia falar de risco quando em qualquer dano venha imputado a uma decisão, isto é, quando este dano deva ser tratado como consequência de uma decisão. O conceito oposto seria então o conceito de perigo, que é aplicável quando danos possíveis sejam atribuídos a motivos externos. A conceituação proposta dá plausibilidade ao fato de que na sociedade moderna a crescente conscientização do risco seja correlata ao crescimento das possibilidades de decisões.

Souza (1995) afirma que não existe uma definição reconhecida para a palavra risco, e diz que os significados associados a esta palavra diferem, tanto semântica quanto sintaxicamente, associando isto a suas origens.

“A palavra *risq*, em árabe, significa algo que lhe foi dado (por Deus) e do qual você tirará proveito, possuindo um significado de algo inesperado e favorável ao indivíduo. Em latim *riscum*, conota algo também inesperado mas desfavorável ao indivíduo. Em grego, uma derivação do árabe *risq*, esta palavra relata a probabilidade de um resultado sem imposições positivas ou negativas. O francês *risque* têm significado negativo, mas ocasionalmente possui conotações positivas, enquanto que, em inglês, *risk* possui associações negativas bem definidas.

Portanto, a palavra risco pode significar desde um resultado inesperado de uma ação ou decisão, seja este positivo ou negativo, até, sob um ponto de vista mais científico, um resultado não desejado e a probabilidade de ocorrência do mesmo.”

Já Ferreira (1992) em seu Dicionário Nosé, define risco como sendo fator adverso que se antepõe aos esforços em produzir segurança à integridade física das pessoas e patrimônios, ou seja uma ou mais condições de uma variável com o potencial necessário para causar danos classificando-os em:

- a) **risco genérico** – aquele que qualquer pessoa ou patrimônio está sujeito;
- b) **risco específico** – aquele intrínseco à atividade da pessoa ou atividade empresarial.

Cardella (1999) afirma que segurança é uma situação de baixa probabilidade de ocorrência de eventos que provocam danos e perdas, e que a ocorrência de eventos perigosos, não programados sob condições controladas, caracteriza a situação de emergência ou simplesmente emergência, sendo o risco um dano ou perda potencial e os fatores que o produzem estão constantemente em estado de latência. A emergência é a manifestação desses fatores em fatos

reais. Os fatores de risco emergem do estado latente para desencadear o processo de produção de danos e perdas.

Para Torreira (1999) constitui uma tarefa de suma importância no campo da segurança o controle dos riscos. Que inicialmente deve começar pelo seu reconhecimento, ou seja, o pleno convencimento de que eles existem, e que a meta fundamental da Engenharia de Segurança é prever os perigos em cada tipo de atividade laboral e controlá-los, diminuindo ou eliminando-os.

Define o risco ou perigo: como uma condição ou mudança de diversas circunstâncias que apresentam um determinado potencial para o acontecimento de prejuízos ou danos, doenças e outros incidentes, que possam atingir pessoas e propriedades.

Para Bastias (1977),

“risco é uma ou mais condições de uma variável que possuem o potencial suficiente para degradar um sistema, seja interrompendo e/ou ocasionando o desvio das metas, em termos de produto, de maneira total ou parcial, e/ou aumentando os esforços programados em termos de pessoal, equipamentos, instalações, materiais, recursos financeiros, etc.”

Portanto ele associa os riscos às probabilidades de perdas dentro de um espaço de tempo em um determinado sistema, podendo trazer ocorrências de acidentes e/ou danos às pessoas, ao patrimônio com prejuízos financeiros.

De Cicco e Fantazzini (1994) dizem que a palavra risco possui dois significados: o primeiro associa o risco a

“uma ou mais condições de uma variável com o potencial necessário para causar danos, que podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos e instalações, danos ao meio ambiente, perda de material em processo ou redução da capacidade de produção”.

O segundo significado da palavra risco

“expressa uma probabilidade de possíveis danos dentro de um período específico de tempo ou número de ciclos operacionais”

ou seja, associa o risco diretamente aos processos produtivos, que tem a possibilidade de trazer prejuízos financeiros.

Desta forma fica bem claro que é extremamente difícil e complicado definir risco. Contudo, este trabalho não tem a pretensão de enveredar pelos caminhos possíveis e imagináveis que possam nos conduzir ao significado do termo risco, mas, inicialmente mostrar que seu reconhecimento e consciência são os fatores mais importante para que se evite perdas, danos e sofrimentos.

2.3 RISCOS NO AMBIENTE DE TRABALHO

No ano de 1970, a Organização Mundial do Trabalho – OIT, analisando as estatísticas de acidentes de trabalho em nosso país, considerou o Brasil como campeão mundial de infortúnios laborais. Isso fez com que as nossas autoridades constituídas, com um atraso bastante expressivo com relação aos países desenvolvidos, começassem a se preocupar com o problema.

Em 22 de dezembro de 1977 é editada a Lei N° 6.514, alterando o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT , relativo a Segurança e a Medicina do Trabalho, alterando e dando nova redação ao Decreto-lei N° 5.452, de primeiro de maio de 1943.

A partir daí o Ministério do Trabalho edita as Normas Regulamentadoras que estão servindo de parâmetros para identificação dos riscos nos ambientes de trabalho, de acordo com o que cita a Norma Regulamentadora – NR9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

“9.1.1 – Esta Norma Regulamentadora – NR estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como

empregados, do Programa de Riscos Ambientais – PPRA, visando a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.”

A NR-9 em seu item 9.1.5 classifica os riscos ambientais nos ambientes de trabalho como:

“9.1.5 – Para efeito desta NR consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.”

Embora a NR-9 não cita, é importante também que seja levado em consideração os riscos mecânicos e ergonômico, que são responsáveis pelo acidentes nestes ambientes.

Portanto, para que se possa configurar a exposição do trabalhador como insalubre, é necessário, não apenas a identificação do risco, mas também a avaliação de sua concentração ou intensidade e a mensuração do tempo em que esteja exposto.

2.4 RISCOS FÍSICOS

São as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, podendo, a depender da intensidade, provocar danos físicos nestes. Os riscos físicos mais encontrados nos ambientes de trabalho são:

- ruído;

- vibrações;
- temperaturas extremas;
- radiações ionizantes;
- radiações não ionizantes;

2.4.1 Ruído

2.4.1.1 – Conceito de Ruído (Som)

Segundo Ferreira (1992) o som é um fenômeno acústico que consiste na propagação de ondas sonoras produzidas por um corpo (material) que vibra, especialmente no ar. Estas ondas provocam pressão acústica nos corpos que atingem.

Para Santos (1999) **som** é todo estímulo que sensibilize o sentido da audição.

Ruído são sons desagradáveis, irritantes e atordoadores, produzidos por objetos vibrantes que emitem vibrações irregulares e a intervalos irregulares.

Para Saliba (2000) o **ruído** é um fenômeno físico vibratório que não possui características constantes com relação a variações de pressão e frequência, ou seja, é um som totalmente irregular e indesejável.

O ruído é classificado em três tipos:

- ♦ Ruído contínuo – sendo aquele em que o nível de pressão sonora (NPS) varia de até +ou – 3 dB durante um período longo, ou seja, mais de 15 minutos de observação;
- ♦ Ruído intermitente – sendo aquele em que o NPS varia de até +ou- 3 dB em períodos curtos, ou seja menos de 15 minutos e mais de 0,2 segundos;
- ♦ Ruído de impacto – sendo aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

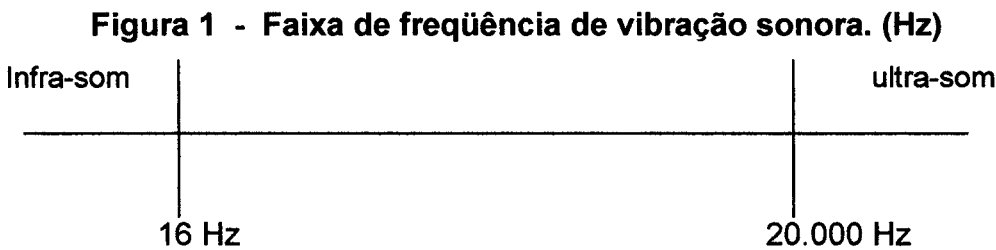
• A Produção do Som

Segundo Saliba (2000) o som tem origem em uma vibração mecânica que se propaga através do ar e atinge o ouvido. Esta vibração ao atingir o ouvido

passa a ser chamada de vibração sonora. Portanto, o som é definido como qualquer vibração ou conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que possam ser ouvidas.

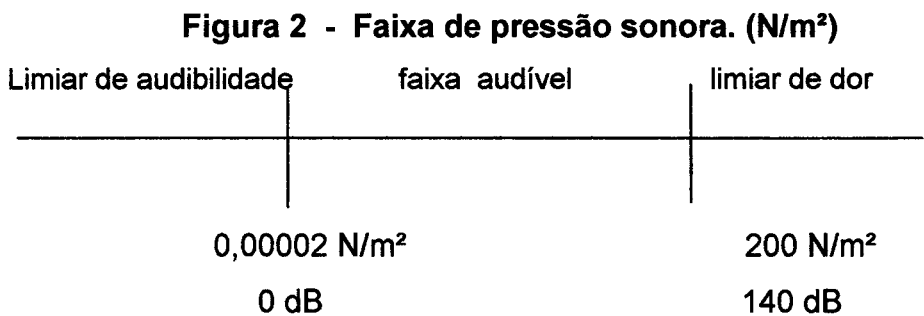
Para que uma vibração seja considerada sonora é preciso que atenda as seguintes condições:

- a) A frequência deve estar situada entre 16 Hz e 20.000 Hz de acordo com a figura 1.



Fonte: (Saliba *et al.*, 1998).

- b) De acordo com pesquisas realizadas com pessoas jovens sem problemas auditivos foi determinado que o valor mínimo de variação de pressão igual à $0,00002\text{ N/m}^2$ é o limiar de audibilidade, ou seja, é a partir deste limite que se começa a ouvir. Desta forma foi convencionado que este limite seria o 0 (zero) dB. Quando a pressão sonora atinge 200 N/m^2 , esta mesma pessoa (saudável) começa a sentir dor no ouvido, este limite é chamado de (limiar de dor) e corresponde a 140 dB. Portanto, a figura 2 mostra a faixa audível para os seres humanos, com relação a pressão sonora.



Fonte: (Saliba *et al.*, 1998).

Segundo Santos (1999) som é produzido pela vibração de um dado objeto: quando ele se move para a frente, ele comprime o meio que o envolve,

produzindo uma região de compressão chamada condensação; quando ele se move para trás, o meio se expande no espaço anteriormente ocupado pelo objeto, que passa a ser chamado região de rarefação; quando o objeto continua a se mover para frente e para trás, a série de condensações e rarefações produzidas vão se afastando do objeto e se constituem em ondas sonoras.

•Características do Som

a) A **freqüência** é o número de condensações e rarefações produzidas por um objeto vibrante, a cada segundo. É medida por uma unidade chamada Hertz, que equivale a um ciclo (vibração) por segundo, sendo que o comprimento de onda é a distância entre qualquer ponto em uma onda e o ponto correspondente na seguinte, e a altura é a característica produzida pela freqüência do som; quanto maior a freqüência maior a altura e mais agudo é o som, e quanto menor a freqüência, mais grave é o som.

Como exemplo, pode-se citar:

Freqüência em (Hertz) da emissão de som pelo homem = 85 a 1.100 Hz;

Freqüência de recepção de som pelo homem = 16 a 20.000 Hz;

b) A **intensidade** está relacionada à quantidade de energia que é transmitida pelas ondas sonoras, o que é diretamente proporcional à amplitude das vibrações que produzem as ondas.

c) A **audibilidade** refere-se à força que um som parece ter quando ele chega aos nossos ouvidos; sons de mesma intensidade, porém de diferentes freqüências não são igualmente audíveis; a audibilidade decresce quando aumenta a distância entre o ouvido e a fonte sonora.

d) O **timbre** estabelece a distinção entre sons de mesma freqüência e intensidade produzidos por instrumentos diferentes.

• O Comportamento do Som

a) A **velocidade** depende da densidade e da compressibilidade do meio em que as ondas viajam.

b) A **reflexão** ocorre quando as ondas sonoras em um dado meio, atingem um outro meio, sendo que parte é transmitida para o novo meio e parte é refletida. As frequências baixas são mais refletidas.

c) A **refração** ocorre quando as ondas sonoras deixam um meio e penetram em outro no qual a velocidade do som é diferente, e consequentemente a direção das ondas é alterada. Se as ondas sonoras são mais lentas no segundo meio, as ondas serão refratadas em direção à normal (linha imaginária perpendicular à fronteira entre os dois meios); se o som tiver maior velocidade no segundo meio, as ondas serão refratadas para fora da normal.

d) A **difração** é o espalhamento das ondas sonoras quando elas passam pela borda de um obstáculo, ou através de uma abertura.

e) A **ressonância** é o reforçamento de um som, que ocorre quando uma pequena força repetida, aplicada com a mesma frequência que a frequência de ressonância de um objeto, produz vibrações cada vez maiores neste objeto.

f) O **batimento** ocorre quando duas notas de frequência ligeiramente diferentes são tocadas juntas, se escuta um único som que se torna mais alto e mais baixo a intervalos regulares. Ocorre por interferência de uma onda sobre a outra.

2.4.1.2 – Avaliação do Ruído (Som)

A medição do som é feita por um aparelho chamado de **Decibelímetro** (Anexo 7.2), e sua unidade de medida é o **decibel**, que mede o nível de pressão sonora, ou seja, a intensidade do som.

Como exemplo pode-se citar a intensidade de alguns sons comuns como:

- 0 dB - limiar da audibilidade;
- 20 dB – murmúrio;
- 60 – conversação;
- 70 - campainha de telefone;
- 80 - aspirador de pó;
- 100 - serra circular;
- 120 - conjunto de rock amplificado.
- 140 - limiar da dor; (próximo ao local de decolagem de um jato).

2.4.1.3 – Limites de Tolerância ao Ruído

A NR-15 em seu ANEXO Nº 1 fixa como limites de tolerância a exposição a ruído contínuo ou intermitente os níveis descritos na Tabela 4, definindo como sendo todo aquele que não seja ruído de impacto.

Se durante a jornada de trabalho ocorrer dois ou mais períodos de exposição a ruídos de diferentes níveis, devem ser combinados seus efeitos de acordo com a fórmula:

$$(C1/T1) + (C2/T2) + (C3/T3) + (Cn/Tn)$$

onde Cn indica o tempo total em que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico e Tn indica a máxima exposição diária permissível a este nível, segundo Tabela 4.

Tabela 4 – Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente.

Nível de Ruído dB (A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR15 – Anexo nº 1

O limite de tolerância para o ruído de impacto será de 130 dB com o medidor de NPS operando no circuito linear, e circuito de resposta para impacto, ou 120 dB © com leitura feita no circuito de resposta rápida (FAST).

2.4.1.4 – Consequências (Doenças Causadas pelo Ruído)

Segundo Santos (1999) as lesões cocleares causadas pelo ruído, são produzidas na membrana basilar, sendo que os sons graves lesam a parte basal da espiral e os agudos a parte apical. Para lesar uma célula auditiva é necessário um som de grande intensidade, atuando durante muito tempo, numa determinada altura (ritmo dos impulsos ruidosos).

Entretanto os intervalos de repouso das atuações do som, na célula auditiva, contribuem para a restituição da célula nervosa.

A adaptação é uma qualidade de todos os órgãos sensoriais. Existe uma adaptação imediata que dura alguns milésimos de segundo e uma tardia que necessita de cerca de 4 a 5 minutos para se instaurar e alguns minutos para regredir. A fadiga é o resultado do esgotamento da capacidade de adaptação, além de um determinado nível fisiológico-metabólico.

Um som puro lesa determinada porção da membrana basilar e um ruído complexo lesa toda a membrana.

O trauma agudo é produzido em torno de 135 dB e o crônico em torno de 105 dB.

O ruído industrial, à semelhança da luz branca, trata-se de um " ruído branco", isto é, com todas as freqüência sonoras e intensidade variável.

Os infra-sons e os ultra-sons também lesionam o ouvido, e não apenas as freqüências audíveis.

A perda auditiva pelo ruído se dá entre 2.000 e 8.000 Hz, para freqüências mais baixas a anatomia do conduto auditivo e os músculos da cadeia ossicular amortizam os ruídos.

O Traumatismo causado por explosões produzidas por bombas, gás, etc.; é em geral acompanhado por lesão como perfuração do tímpano ou quebra da cadeia de ossículos e uma lesão do ouvido interno mais ou menos grave.

Já os causados por detonações, produz-se apenas uma lesão no ouvido interno; comum nos militares.

Os causados por ruídos produzidos pela atuação do ruído industrial de intensidade e duração suficiente para lesar o ouvido. Pode ser rápida ou progressiva.

A exposição a ruído acima dos níveis aceitáveis provoca uma degeneração do órgão de Corti com degeneração consecutiva das células ganglionares do gânglio espiral e fibras nervosas correspondentes.

Os sintomas da perda auditiva são: zumbido, vertigem e fadiga.

Pode ocorrer perda auditiva por problemas não acústicos como: traumatismos cranianos, intoxicação por fumo, quinino, monóxido de carbono, antibióticos, metais pesados, etc.

Raramente o paciente procura o médico por surdez; como a queda da audição é, pelo menos no início, para sons agudos, esta não é observada para a linguagem corrente.

A perda auditiva pode ser:

- muito rápida: a lesão, em geral, é para todas as frequências. Por exemplo um dia de ruído;
- rápida: dentro de alguns meses, atingindo +/- 500 Hz, e alterando compreensão de palavras;
- habitual: desenvolve por alguns anos e estabiliza;
- não habitual: desenvolve por alguns anos e sofre súbita perda, sem causa aparente;
- unilateral: caçadores, dentistas, artilheiros, etc.

As conseqüências psíquicas dos ruídos são: irritação do neurótico; deixam os intelectuais, que são mais sensíveis, nervosos e fatigados.

As conseqüências somáticas dos ruídos são: um ruído repentino causa sobressalto, taquicardia, aumento da pressão arterial, e do líquido céfalo-raquidiano, e espasmo dos esfíncteres.

O trauma acústico é irreversível: as células ciliadas e nervosas não são substituíveis.

Deve-se, portanto, fazer uma avaliação clínica e audiométrica pré-admissional e periódica, através de um aparelho chamado audiômetro que é capaz de emitir sons em diversas frequências em um ambiente acusticamente isolado.

2.4.1.5 – Medidas de Controle dos Ruídos (Regras de Proteção)

Pode-se aperfeiçoar os dispositivos de proteção coletiva, e/ou colocar novos Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC). Caso seja impossível a instalação de um EPC tem que ser fornecido os Equipamentos de Proteção Individual (EPI), conhecidos como protetores auriculares, possuindo dois tipos: os de inserção e os de formato concha.

Pode-se também limitar tempo de trabalho, ou seja, de exposição ao agente agressivo, com a intercalação de períodos de descanso, e manter um rigoroso controle audiométrico de todos que estão sujeitos a este risco.

2.4.2 Vibrações

2.4.2.1 – Conceito de Vibração

Todo processo industrial pode gerar esforços dinâmicos provocados pelo funcionamento de máquinas devidos a choques, movimentações e vibrações, causando efeitos nocivos, não apenas ao meio ambiente, como também sobre equipamentos, dispositivos e operadores (Torreira, 1999).

A vibração em mecânica, é um movimento de vai e vem, ou oscilação, de uma partícula, ou seja oscilação em que a quantidade é um parâmetro que define o movimento de sistema mecânico (Santos, 1999; Atzeri, 2001).

As vibrações podem afetar a eficiência da produtividade com uma conseqüente redução do rendimento do trabalho e pode causar efeitos adversos à saúde dos trabalhadores, com desordem irreversível das funções fisiológicas quando da exposição excessiva às mesmas.

Para Saliba *et al.*, (1998) as vibrações podem ser originadas de diversas fontes como:

- Produzidas por processos de transformação, com o uso de marteletes pneumáticos, prensas, etc;
- Ligadas ao modo de funcionamento das máquinas e materiais, provenientes de forças alternativas não reguladas, como vibrações decorrentes de irregularidades de solo que suportam máquinas;
- Decorrentes de defeitos de máquinas, ou de seu mau funcionamento como motores desequilibrados, mancais que acabam provocando ressonância nos equipamentos;
- Produzidos por fenômenos naturais como tormentas, fenômenos sísmicos, etc.

2.4.2.2 – Avaliação das Vibrações

A avaliação das vibrações é feita através de um aparelho chamado de acelerômetro (Anexo 7.3), que verifica sinais recebidos de acordo com dois métodos:

- Através do método (**ponderação de frequência**) são obtidos sinais de frequência ponderada para um determinado nível de vibração, que está diretamente ligada a exposição. A ponderação de frequências cobre faixas diversas como: vibração de corpo inteiro (Whole Body Vibration) que varia de 1 a 80 Hz, vibração mão e braço (Hand Arm Vibration) que varia de 8 a 1.000 Hz, que também depende da direção dominante da vibração. Desta forma no valor ponderado pode-se obter valores pontuais dos níveis nos três eixos do sistema de coordenada.

- Através da (**análise de frequência**) em que a faixa de frequência não pode ser superior a 1/3 de oitava. Para cada frequência central obtêm-se um valor de aceleração que deverão ser comparados com os limites de tolerância definidos pela **Organização Internacional para a Normalização – ISO** (Saliba *et al.*, 1998).

2.4.2.3 – Limites de Tolerância às Vibrações

As vibrações apresentam um reduzido número de aplicações práticas e são, habitualmente, indesejáveis na indústria, e na maior parte da vida diária, pois pode causar enfraquecimento das estruturas e produzir desgastes e ineficiência.

A NR-15 em seu ANEXO Nº 8 informa que:

- “1. As atividades e operações que exponham os trabalhadores, sem a proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro, serão caracterizadas como insalubres, através de perícia realizada no local de trabalho.
2. A perícia, visando à comprovação ou não da exposição deve tomar por base os limites de tolerância definidos pela Organização Internacional para Normalização – ISO em suas normas ISO 2631 e ISO/DIS 5349 ou suas substitutas.”

2.4.2.4 – Consequências das Vibrações

As regiões que sofrem mais a ação lesiva das vibrações são as mãos, articulações e os músculos. Tendo em vista que a transmissão de vibrações e trepidações, se dá por via óssea, ela provoca também transtornos nos ouvidos.

- **Lesões gerais:** insônia, mal estar muscular (semelhante àquele de um exercício físico violento), e irritabilidade.

- **Lesões nas mãos:**

- a) "síndrome do dedo morto": transtorno vâsculo-nervoso, que aparece mais no inverno, e que determina isquemia, com sensação de frio, formigamento, e diminuição de sensibilidade e motricidade. Instala-se depois de 1 ou 2 anos, e podem aparecer com pequenas sacudidelas;

- b) " síndrome de Dupuytren": retração unilateral da aponeurose palmar e dos 4º. e 5º. dedos da mão;
- c) tenossinovites;
- d) "síndrome de Raynaud": fenômeno causado por espasmo vascular.

- **Lesões ao nível do carpo:**

- a) " enfermidade de Kiembock": necrose do osso semilunar (rara), que leva a impotência funcional da mão e dores ao nível do carpo.

- **Lesões musculares:**

- a) câibras;
- b) roturas musculares, especialmente do deltóide;
- b) miotrofias, geralmente limitadas às eminências ténar e hipoténar.

- **Lesões neurológicas:**

- a) paralisia do nervo radial: por proliferações ósseas junto ao nervo;
- b) paralisias por compressão da máquina sobre troncos nervosos: plexo braquial, axilar, etc.

- **Lesões ósteo-articulares:**

Acometem preferencialmente as articulações dos membros superiores e cintura escapular:

- a) estreitamento dos espaços articulares;
- b) osteófitos;
- c) exostoses;
- d) corpos estranhos articulares;
- e) área de densificação óssea;
- f) deformações ósseas;
- g) limitações de movimentos;
- h) dores articulares.

2.4.2.5 – Medidas de Controle das Vibrações

- a) orientação profissional;
- b) seleção médica dos trabalhadores;
- c) redução da duração cotidiana do trabalho, ou alternância de trabalho;
- d) aprendizagem na utilização dos aparelhos, de modo a evitar esforços inúteis ou mal dirigidos;
- e) boa manutenção dos aparelhos;
- f) Evitar o contato entre o trabalhador e a ferramenta;
- g) Tratamento de máquinas: redução das vibrações por meio de dispositivos que limitam tanto a intensidade, quanto a transmissão de vibrações da máquina para o homem.

2.4.3 Calor

2.4.3.1 – Conceito de Calor

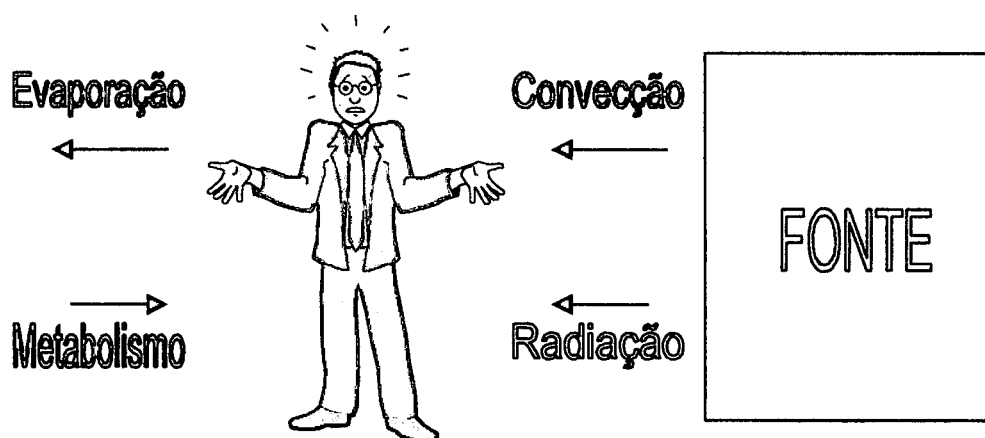
Para Ferreira (1992) o calor é uma força que provoca a evaporação dos líquidos, que funde os sólidos e dilata os corpos. É uma forma de energia que pode ser produzida pela combustão ou ser originada do atrito de corpos. A medida do calor é a caloria.

Segundo Saliba (2000) o calor é um agente que está presente em diversos ambientes de trabalho, tais como: siderúrgicas, indústrias de vidro e, em certas situações, até mesmo ao ar livre podem ocorrer exposições superiores ao limite de tolerância, naturalmente que dependendo das condições climáticas do local e do tipo de atividade desenvolvida.

• Troca Térmica entre o Organismo e o Ambiente

A partir do instante em que o trabalhador está exposto aos efeitos do calor produzidos por uma ou mais fontes, ocorrem as trocas térmicas entre o seu organismo e o ambiente, conforme ilustra a figura 3.

Figura 3 - Troca Térmica entre o Organismo e o Ambiente



- **Condução** é um processo que ocorre quando da transferência de calor entre dois corpos, que podem ser sólidos ou fluidos, e que se encontram submetidos a diferentes temperaturas, e são colocados em contato direto, ou seja consiste na transmissão do calor de uma molécula para outra devido a vibração molecular.
- **Convecção** é um processo que ocorre da mesma forma que o anterior, porém as trocas são realizadas por intermédio de algum fluido em movimento, ou seja, é uma perda térmica que se produz pelo aquecimento das moléculas do ar que entram em contato com a superfície do corpo.
- **Radiação** é o fenômeno de transferência de calor que ocorre sem qualquer ajuda material, ou seja, a energia radiante é transmitida através do ar sem aquecê-lo, aquecendo apenas a superfície atingida, podendo ser transmitida também através do vácuo, como é o caso da energia solar.
- **Evaporação** é o processo de passagem de um líquido, a uma determinada temperatura, para o estado gasoso, dispersando vapor para o meio ambiente. No fenômeno de evaporação, o líquido retira calor do sólido para evaporar-se, portanto pode-se afirmar que o sólido perde calor para o meio por evaporação.

• Equilíbrio Homeotérmico

Os mecanismos de termoregulação do organismo humano têm como objetivo manter estável a temperatura interna do corpo, portanto, é evidente que há um equilíbrio entre a quantidade de calor gerado no corpo e sua transmissão para

o meio ambiente. A fórmula mostra o estado de equilíbrio denominado balanço térmico:

$$M + ou - C + ou - R - E = S$$

Onde:

M – calor produzido pelo metabolismo;

C – calor ganho ou perdido por condução – convecção;

R – calor ganho ou perdido por radiação;

E – calor perdido por evaporação;

S – calor acumulado no organismo (sobrecarga térmica).

O organismo encontrar-se-á em equilíbrio térmico quando S for igual a zero.

2.4.3.2 – Avaliação da Exposição ao Calor

Para Saliba *et al.*, (1998) a avaliação deverá ser feita por meio da análise da exposição de cada trabalhador de forma que se tenha a real situação durante toda a jornada de trabalho.

As leituras deverão ser iniciadas após meia hora da estabilização do conjunto industrial, ou seja, em uma situação térmica homogênea a cada minuto de avaliação. Deverão ser feitas no mínimo três leituras para cada situação, ou quantas forem necessárias para se obter uma oscilação que não seja superior a 0,1 °C entre as três últimas leituras, sendo que a leitura final será a média destas.

Quando a situação térmica avaliada não levar em consideração a carga solar a medição da temperatura de bulbo seco não será necessária, pois não entrará no cálculo do IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo).

Outro parâmetro importante a ser verificado e medido será o tempo de permanência do trabalhador na situação térmica avaliada, a cada período de trabalho, que será determinado pela média aritmética de no mínimo três cronometragem.

Os Termômetros que devem ser usados são:

- Termômetro de globo (Anexo 7.4) – Calor radiante;
- Termômetro bulbo seco – Calor ambiente;
- Termômetro bulbo natural – Leva em consideração o conforto térmico.

2.4.3.3 – Limites de Tolerância ao Calor

Segundo NR-15 – ANEXO Nº 3 a exposição deverá ser avaliada através do IBUTG definido pelas equações:

- Ambientes interno, ou seja, sem carga térmica solar;

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$$

- Ambientes externo com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg}$$

Onde:

tbn = temperatura de bulbo úmido natural

tg = temperatura de globo

tbs = temperatura de bulbo seco

Deverá ser analisado os limites de tolerância para duas situações, em que o trabalho seja intermitente com períodos de descanso no próprio local de trabalho de acordo com a tabela 5, e período de descanso em outro local, segundo tabela 6.

Tabela 5 – Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)	Tipo de Atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho Contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 à 30,6	26,8 à 28,0	25,1 à 25,9
30 minuto trabalho 30 minutos descanso	30,7 à 31,4	28,1 à 29,4	26,0 à 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 à 32,2	29,5 à 31,1	28,0 à 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle.	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

Fonte: NR-15 – Anexo nº 3

Tabela 6 – Regime de Trabalho Intermitente com Descanso em Outro Local

M (Kcal/h)	MÁXIMO IBUTG
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Fonte: NR-15 – Anexo nº 3

Onde: M é a taxa de metabolismo média ponderada para uma hora, determinada pela seguinte fórmula:

$$M = (M_t \times T_t + M_d \times T_d) / 60$$

Sendo:

M_t = Taxa de metabolismo no local de trabalho.

T_t = soma dos tempos em minutos, em que se permanece, no local de trabalho.

M_d = Taxa de metabolismo no local de descanso.

T_d = Soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso.

IBUTG é o valor do IBUTG médio ponderado para uma hora, determinado pela seguinte fórmula:

$$IBUTG = (IBUTG_t \times T_t + IBUTG_d \times T_d) / 60$$

Sendo:

IBUTG_t = valor do IBUTG no local de trabalho.

IBUTG_d = valor do IBUTG no local de descanso.

As taxas de metabolismos M_t e M_d serão obtidas consultando-se a tabela 7.

Tabela 7 – Taxa de Metabolismo por Atividade

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
SENTADO EM REPOUSO	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e troncos (ex. datilografia)	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex. dirigir)	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex. remoção com pá).	440
Trabalho fatigante.	550

Fonte: NR-15 – Anexo nº 3

2.4.3.4 – Conseqüências do Calor

Segundo Santos (1999), conforme as condições ambientais, como temperatura e umidade do ar, ventilação, presença de calor radiante, e também o tipo de trabalho executado, pode o organismo sofrer alterações mais ou menos sérias. Mesmo que não se manifestem de imediato estados patológicos, trabalhadores submetidos continuamente a sobrecarga térmica poderão vir a sofrer danos à saúde.

Doenças mais comuns são:

- **Intermação ou Insolação:**

- Devido a um distúrbio no centro termo-regulador, no cérebro, ocasionado por oferta excessiva de calor ambiente ou de exercício pesado no calor.
- Sintomas prodrômicos (podem não serem notáveis): fraquesa, vertigem, vacilação cefaléia e náuseas.
- Sintomas: alterações neurológicas, desde letargia, confusão, agitação irracional, convulsões e coma; temperatura corporal alta, até mais de 40°C; pulso forte; pressão arterial elevada ou posteriormente baixa; pele ruborizada, quente; exsudação aumentada, ou posteriormente abolida.

- **Prostração térmica ou síncope devida ao calor:**

- Devido a um distúrbio circulatório, resultante da impossibilidade deste sistema compensar a exposição excessiva a que fica exposto.
- Sintomas prodrômicos: cefaléia, tontura, mal estar, e fraqueza.

Sintomas: desmaio que melhora com o deitar, frio, pele pálida, pulso fraco,

- **Exaustão pelo calor:**

- Devido à perda de líquidos ou líquido e sais, sem reposição adequada.
- Desenvolvimento demorado, às vezes ao longo de dias.
- Sintomas: - perda de água: sede, fadiga, tontura, temperatura elevada, oligúria e delírio.

- Perda de água e sais: os mesmos, mais náuseas e câimbras musculares.
- **Catarata:** doença ocular irreversível causada por exposição prolongada (anos) à radiação infra-vermelha intensa (calor radiante).
- **Manchas e erupções na pele.**

2.4.3.5 – Medidas de Controle do Calor

Para Saliba (2000), como em todos os casos, deve-se tomar medidas relativas ao ambiente de trabalho, como controle da trajetória do calor, e medidas relativas aquele que estiver exposto ao risco.

A) Medidas Relativas ao Ambiente.

- **Metabolismo** – A redução do calor produzido pelo metabolismo pode ser obtida pela automatização da operação;
- **Convecção** – A redução do calor produzido pela convecção pode ser conseguida pela insuflação de ar fresco;
- **Radiação** – A redução do calor produzido pela radiação pode ser conseguida pela colocação de barreiras;
- **Evaporação** – A redução do calor produzido pela evaporação pode ser conseguida pela redução da umidade relativa do ar e/ou movimentação do mesmo.

B) Medidas Relativas ao Homem.

- **Aclimatização** – Constitui na adaptação fisiológica do organismo humano ao ambiente;
- **Limitação do tempo de exposição;**
- **Uso de equipamentos de proteção.**

2.4.4 Frio

2.4.4.1 – Conceito de Frio

Tendo em vista que o corpo humano tem uma capacidade muito limitada para se adaptar a condições ambientais extremas, o conceito de frio está diretamente relacionado a baixa temperatura, e que difere da normal, que traz um conforto térmico agradável, ou seja, que coloca o ser humano em uma situação adversa daquela em que está acostumado, e que pode interferir nas condições circulatórias que mantém o corpo nas condições normais de temperatura (Torreira, 1999).

2.4.4.2 – Avaliação do Frio

A avaliação deverá ser feita utilizando termômetros adequados, fazendo-se leituras no local onde o trabalho estiver sendo executado, o mais próximo possível do trabalhador, observando-se o tempo de exposição.

2.4.4.3 – Limites de Tolerância ao Frio

A exposição ao frio não chega a ser um problema sério no Brasil, está limitada a áreas geográficas restritas e durante pouco tempo de inverno.

Os maiores problemas estão relacionados a atividades industriais que envolvem a estocagem de produtos em câmaras frigoríficas como a indústria alimentícia de enlatados, beneficiamento de pescados, matadouros, etc (Souza, 1999).

A exposição máxima a baixas temperatura em uso no Brasil são fixadas segundo a tabela 8.

Tabela 8 – Exposição Máxima a Baixas Temperaturas

Faixa de Temperaturas	Exposição Diária Mínima
- 1 até – 18 °C	Não existe tempo de exposição se a se a pessoa usa roupas apropriadas.
-18 a – 35 °C	Trabalho total no local 4 horas. Em períodos alternados de uma hora trabalhando e 1 hora fora do local.
- 35 a – 57 °C	Dois períodos de 30 minutos cada, ficando 4 horas fora do local de trabalho. Existem recomendações de trabalho de períodos de 15 minutos e não mais de quatro períodos. Outros padrões estabelecem períodos de uma hora a cada quatro de descanso sem ventilação ou vento, no entanto que outros determinam que podem ser efetuados períodos de 3 horas nos quais não se tem comprovado problemas de congelamento e outros mencionados.
- 57 a – 73 °	Máximo permissível 5 minutos em 8 horas de trabalho diário. Este trabalho, em temperaturas extremas, deve ser efetuado com roupas apropriadas e herméticas, com tubos de respiração e aquecimento do ar interno da roupa do trabalhador.

Fonte: Fundamentals of Industrial Hygiene. National Safety Council – USA

2.4.4.4 – Conseqüências do Frio

Habitualmente há uma série de respostas fisiológicas de adaptação (aclimatização), ou seja, o desconforto diminui com o tempo e progressivamente há uma menor necessidade de roupas de proteção.

Inicialmente há uma palidez nas extremidades, ocasionada por vasoconstricção (diminuição da perda de calor). A palidez progride para membros inteiros; inicia-se o tremor involuntário, que se não for suficiente, leva a uma queda da temperatura do núcleo do corpo (hipotermia = temperatura < 35°C), com confusão mental, alucinações e até mesmo rigidez muscular; se

persistente ocorre diminuição da pressão, arritmia e fibrilação atrial, ao redor de 30°C; entre 28 e 25°C ocorre a morte por fibrilação ventricular.

Na hipotermia profunda a pessoa está em coma e fria ao toque; a pele é pálida, e em geral acinzentada; o pescoço e os membros estão arqueados; os pulsos periféricos não são encontrados; a respiração parece ausente; os reflexos pupilares estão ausentes. A pessoa pode parecer morta, mesmo para observadores treinados.

As lesões causadas pelo frio são:

- congelamento dos membros podendo levar à gangrena;
- pés de imersão: freqüente quando se permanece com os pés umedecidos ou imersos em água fria por longos períodos; o sangue se estagna, produzindo anoxia dos tecidos e paralização dos pés e pernas, acompanhada de fortes dores;
- ulcerações do frio: feridas, bolhas, rachaduras e necrose dos tecidos superficiais (Souza, 1999).

2.4.4.5 – Medidas de Controle do Frio

- A aclimatização é uma medida que ainda não está muito estudada, mas sabe-se que alguns indivíduos conseguem respostas termorreguladoras bastante satisfatórias, quando expostos gradualmente ao frio;
- O uso de vestimentas adequadas que possibilite a camada de ar compreendida entre a pele e a roupa elimine parcialmente a transpiração para que haja uma troca regular de temperatura (Saliba *et al.*, 1998).

2.4.5 Radiações Ionizantes

2.4.5.1 – Conceito de Radiações Ionizantes

Torreira (1999) define radiação como qualquer dos processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, ou mediante partículas dotadas de energia cinética.

A diferença entre radiações ionizantes e não ionizantes está relacionada a quantidade e a origem da energia, além da sua capacidade de penetrar na matéria e desestabilizar ou não os seus átomos.

As radiações ionizantes, por seu alto poder energético, tem a capacidade de ionizar a matéria.

As radiações ionizantes englobam: raios x, raios y, partículas α , β , e neutrons (Saliba *et al.*, 1998).

2.4.5.2 – Avaliação das Radiações Ionizantes

As radiações ionizantes nos ambientes são avaliadas com o uso do contador GEIGER (Anexo 7.5), ou individualmente com o uso dos dosímetros de filmes de bolso.

2.4.5.3 – Limites de Tolerância às Radiações Ionizantes

O limite de tolerância para exposição a radiações ionizantes por trabalhadores são apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Limites de Dose – mSv/ano (milisievert/ano)

Quantidade	Trabalhador
Equivalente de dose efetivo ou dose de corpo de corpo inteiro.	50
Equivalente de dose para único órgão ou tecido.	500
Equivalente de dose para o olho.	150
Extremidades (mãos e pés).	500

Fonte: CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear - Radiações Nucleares

2.4.5.4 – Consequências das Radiações Ionizantes

As radiações ionizantes provocam alterações celulares, fadiga, câncer, problemas visuais e acidentes do trabalho (Santos, 1999).

2.4.5.5 – Medidas de Controle das Radiações Ionizantes

- Controle da distância entre o trabalhador e a fonte;
- Blindagem;
- Limitação do tempo de exposição;
- Impedir que fontes radioativas atinjam vias de absorção do organismo;
- Sinalização;
- Controle médico;
- Uso de barreiras;
- Limpeza adequada do ambiente de trabalho (Saliba *et al.*, 1998).

2.4.6 Radiações não Ionizantes

2.4.6.1 – Conceito de Radiação não Ionizante

Para Ferreira (1992) radiação não ionizante é a radiação que não possui a energia necessária para deslocar os elétrons. Ela afeta os processos biológicos, principalmente aquecendo os tecidos, mas também por meios de certos processos não térmicos.

As radiações não ionizantes englobam: radiação ultravioleta, radiação visível e infravermelha, laser, microondas, radiofrequências e ultra-sons (Saliba *et al.*, 1998).

2.4.6.2 – Avaliação da Radiações não Ionizantes

A avaliação das radiações não ionizantes, é feita por medidores específicos para cada tipo de radiação (microondas, laser e ultravioleta), que normalmente são usados em serviços de manutenção de equipamentos de telecomunicação, radiodifusão e televisão, assim como em operações com equipamentos destinados à solda plástica por RF, em equipamentos de diatermia, na indústria da madeira em operações de ressecamento, na indústria alimentícia e outras aplicações (Torreira, 1999).

2.4.6.3 – Limites de Tolerância às Radiações não Ionizantes

A NR 15 em seu anexo Nº 7 considera as radiações não ionizantes as microondas, ultravioletas e laser, classificando como operações insalubres as atividades que exponham os trabalhadores a estas radiações sem a proteção adequada.

Os limites de tolerância para exposição ocupacional a radiações não ionizantes, com densidades de potência conhecidas e tempo de exposição controlado:

- Níveis médios de densidade, potência até 10 miliwatts/cm² = tempo de exposição contínua de até 08 hs.
- Níveis médios de densidade, potência entre 10.000 a 25.000 miliwatts/cm² = tempo de exposição de não mais de 10 minutos para cada 60 minutos, em jornada de 08 hs.
- Níveis médios de densidade, potência acima de 25.000 miliwatts/cm² = exposição não permissível.

2.4.6.4 – Conseqüências das Radiações não Ionizantes

As radiações não ionizantes provocam queimaduras, lesões nos olhos, na pele e em outros órgãos. inibição do ritmo cardíaco, hipo-/hipertensão sangüínea, hipertiroidismo, debilidade do sistema nervoso central, diminuição da sensibilidade do olfato, aumento do conteúdo de histamina no sangue, efeitos eritêmicos, conjuntivite e ceratites (Santos, 1999).

2.4.6.5 – Medidas de Controle das Radiações não Ionizantes

Microondas:

- Enclausuramento das fontes;
- Uso de barreiras;
- Sinalização;
- Exames médicos.

Ultravioletas:

- Uso de barreiras;
- Equipamentos de proteção individual, tais como: óculos com lentes filtrantes, roupas apropriadas para proteção do braço, tórax, mão e outros;
- Exames médicos;

Laser:

- EPI: protetores para os olhos, luvas protetoras, roupas, escudo;
- Sinalização;
- Blindagem;
- Treinamento (Saliba *et al.*, 1998).

2.5 RISCOS QUÍMICOS

2.5.1 – Conceito de Agente Químico

São considerados agentes químicos, as diversas substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvido pelo organismo através da pele ou por ingestão (ALFONSO *et al.*, 1992).

Da mesma forma que os agentes físicos, estes agentes também necessitam de instrumentos específicos para que sejam avaliados, embora, em alguns casos, a atividade de campo restringe-se a coletar o agente para que seja enviado a um laboratório especializado que determinará a concentração do mesmo.

É sabido que os produtos químicos fazem parte praticamente da totalidade dos materiais que são fabricados hoje, da mesma forma nos produtos de consumo.

Eles aparecem em todos os materiais com os quais são construídos os carros, as roupas, móveis, etc, sendo que alguns são benéficos ao homem, e outros altamente perigosos.

Existe atualmente mais de 3 milhões de compostos químicos, apresentando 600.000 deles um significativo valor econômico. Entram no mercado consumidor, a cada ano, mais de 1000 novos produtos químicos, sejam os denominados puros, como os derivados ou compostos.

Existem normas referentes à exposição a mais de 500 compostos químicos, havendo o National Institute of Occupational Safety and Health – USA (NIOSH), estabelecido que mais de 5000 produtos ou derivados químicos podem ser prejudiciais à saúde.

Há compostos que são considerados perigosos podem não sê-lo quando se encontram em baixas concentrações, entretanto há outros que usualmente são considerados como não perigosos podem sê-lo para determinados usos e concentrações. Desta forma é importante que se identifique o produto e a sua concentração no ambiente de trabalho, para que se possa preservar a saúde dos que estão envolvidos no processo (Torreira, 1999).

2.5.2 – Avaliação dos Agentes Químicos

Para avaliação das poeira e fumos são utilizados equipamentos chamados de bomba de amostragem (Anexo 7.6) de uso individual com capacidade de vazão de 1 a 3 litros por minuto. E para os gases vapores e névoas são utilizados tubos colorimétricos (Anexo 7.6) e reagentes específicos, e que consiste em passar uma quantidade conhecida de ar através de um reagente, o qual sofrerá alteração de cor, caso a substância contaminante esteja presente.

2.5.3 – Limites de Tolerância aos Agentes Químicos

Os limites de tolerância aos agentes químicos são fixados pela NR – 15 em seus ANEXOS N° 11, N° 12 e N° 13.

2.5.4 – Conseqüências da Exposição aos Agentes Químicos

As conseqüências são as mais diversas:

Os riscos químicos que envolvem as poeiras minerais podem provocar doenças como a silicose (quartzo), asbestose (amianto), pneumoconiose dos minérios de carvão.

Os riscos químicos que envolvem poeiras vegetais podem provocar doenças como a bissinose (algodão), bagaçose (cana de açúcar).

Os riscos químicos que envolvem as poeiras alcalinas podem provocar doença pulmonar obstrutiva crônica e efisema pulmonar.

2.5.5 – Medidas de Controle dos Agentes Químicos

Relativas ao ambiente:

- 1) Substituição do produto tóxico ou nocivo.
- 2) Mudança do processo ou operação.
- 3) Encerramento ou enclausuramento da operação.
- 4) Segregação da operação ou processo.
- 5) Umectação de poeira com água quando for o caso.
- 6) Ventilação geral diluidora.
- 7) Ventilação local exaustora.

8) Ordem, limpeza e conservação.

Relativas ao homem:

- 1) Limitação do tempo de exposição.
- 2) Educação e treinamento.
- 3) Uso de equipamento de proteção individual (EPI).
- 4) Controle médico.

2.6 RISCOS BIOLÓGICOS

2.6.1 – Conceito de Agentes Biológicos

São considerados agentes biológicos os microorganismos que podem contaminar o trabalhador e são basicamente, as bactérias, os fungos, os bacilos, os parasitas, os protozoários, os vírus.

2.6.2 – Avaliação dos Agentes Biológicos

De forma geral são avaliados biologicamente em laboratórios apropriados através da coleta de sangue, fezes, urina, ou outro meio de pesquisa nos empregados.

2.6.3 – Limites de Tolerância aos Agentes Biológicos

Não existe limite de tolerância aos agentes biológicos.

De acordo com a NR – 15 em seu ANEXO N° 14 a sua insalubridade é caracterizada pela avaliação qualitativa, ou seja, basta constatar a presença do agente.

2.6.4 – Conseqüências da Exposição aos Agentes Biológicos

Da mesma forma que os agentes químicos, as conseqüências são as mais diversas:

Estão incluídos como riscos biológicos as infecções agudas e crônicas, parasitoses e reações alérgicas ou intoxicações provocadas por plantas e animais.

As infecções são causadas por bactérias, vírus, ricketzias, clamídias e fungos.

As parasitoses envolvem protozoários, helmintos e artrópodes.

Muitas das doenças ocupacionais têm sua origem ligada aos animais e são conhecidas como zoonoses e afetam principalmente aqueles trabalhadores agrícolas envolvidos no manejo de rebanhos, aviários e criação em geral e podem estar sob constante risco se medidas de controle preventivas não forem tomadas.

Algumas doenças infecciosas e parasitárias são transmitidas ao homem por espécie de artrópodes que atuam como vetores de doenças transmissíveis e como hospedeiros intermediários.

Um grande número de plantas e animais produzem substâncias que são irritantes, tóxicas ou alérgicas.

Riscos biológicos ainda incluem picadas de animais peçonhentos, mordidas por ataque de animais domésticos e selvagens.

Trabalhos ao relento sob a ação permanente do sol, frio, chuva e vento pode propiciar a quebra da resistência orgânica e favorecer o aparecimentos de infecções. Do mesmo modo as pessoas que lidam com plantas e animais e

seus produtos ou na produção de alimentos e seu processamento, tem mais probabilidade de se exporem aos riscos biológicos.

Pessoas que trabalham em laboratório, hospitais e serviços sanitários, comumente estão sujeitos a esse tipo de risco (Souto, 2001).

2.6.5 – Medidas de Controle dos Agentes Biológicos

Relativas ao ambiente:

- 1) Encerramento ou enclausuramento da operação.
- 2) Segregação da operação ou processo.
- 3) Ordem, limpeza, conservação e higiene geral.
- 4) Esterilização do ambiente e equipamentos.

Relativas ao homem:

- 1) Educação e treinamento.
- 2) Uso de equipamento de proteção individual (EPI).
- 3) Controle médico.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para Cardella (1999), a *Segurança*, sendo um conjunto de ações exercidas com o intuito de reduzir perdas e danos provocados por agentes agressivos, no conceito moderno, é uma das cinco funções complementares vitais que devem ser exercidas juntamente com a missão de qualquer organização. Canalizar esforços para o aumento da produtividade e qualidade dos produtos, deixando para o segundo plano a preservação do ambiente, o desenvolvimento das pessoas e a *Segurança*, é uma grave falha conceitual e estratégica, que pode trazer prejuízos para todos. Pois, a segurança e a preservação ambiental evitam danos a pessoas, ao meio ambiente e patrimônio, aumentando, conseqüentemente, a produtividade. Deste modo, uma organização só sobrevive quando satisfaz a todas as condições.

Dentro deste conceito, o reconhecimento dos riscos, sua avaliação e as medidas de controle que deverão ser implantadas e/ou implementadas, são de fundamental importância para o bom desempenho das empresas. Desta forma, um Engenheiro de Segurança, que possa dispor de um sistema que o auxilie em suas atribuições, de forma ágil e segura, estará apto a atender as necessidades de um mercado cada vez mais competitivo e voltado para as questões sociais e ambientais.

No próximo capítulo são abordados temas relativos a Sistemas Especialistas, sua arquitetura, a forma como o conhecimento é representado e adquirido e seus métodos de inferência.

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

*“Nós estamos no limiar de uma nova era.
Um renascimento das ciências da vida e da computação,
onde pessoas e máquinas trabalham juntas, não como
mestre e escravo, mas como companheiros inteligentes.
É uma época que requer visão e entendimento do futuro que
desejamos construir; uma época na qual questões metafísicas
sobre o significado da vida tornam-se legítimas e na qual intuição,
criatividade e outras virtudes unicamente humanas são
abertas para um estudo mais profundo.*

*Esse novo renascimento abrange não somente
vastas oportunidades para melhorar nossas vidas
e fazer fortunas, mas também uma responsabilidade para que
todo indivíduo busque uma consciência de que realmente
significa o ser humano.
Aqui está, finalmente, uma oportunidade viável para se começar
a sanar as divergências há muito tempo existente
entre a ciência e a espiritualidade.”*

Robert Keller

3.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de Sistemas Especialistas (SEs) teve início nos anos 50 com programas de jogos de xadrez e programas de resolução de teoremas matemáticos, mas foi nos anos 60 que eles tiveram seu maior impulso com o desenvolvimento do projeto DENDRAL, solicitado pela NASA à Universidade de Stanford. Este projeto desenvolvido a partir de 1965, tinha como objetivo a construção de programas capazes de determinar automaticamente o conjunto de estruturas moleculares, compostas de átomos conhecidos, capazes de explicar dados provenientes da análise espectrográfica de uma molécula desconhecida este projeto marca o início da era dos SEs (Durkin, 1994).

Por outro lado, Crippa (2000) afirma que os sistemas especialistas originaram-se concomitantes com o computador. Durante a Segunda Guerra Mundial, cientistas ingleses independentes e norte-americanos trabalharam em uma máquina eletrônica que se conduzisse por um armazenado de instruções e que fosse capaz de executar cálculos numéricos complexos. Os resultados destas pesquisas foi uma poderosa máquina de calcular.

Percebendo que essas máquinas poderiam trazer mais facilidades práticas que simplesmente efetuar cálculos, um grupo de cientistas continuou a explorar a capacidade dos computadores de manipularem símbolos não-numéricos. Desse grupo de cientistas, os psicólogos interessados na resolução de problemas da mente humana, se destacaram ao buscarem desenvolver programas de computador que simulassem o comportamento humano. Surge então a Inteligência Artificial Simbólica .

Vários experimentos foram feitos, porém sem sucesso, pois o custo era muito alto e as máquinas existentes não suportavam um programa tão complexo. Mas, muitos pesquisadores se dedicaram à proposta e conseguiram

computadores mais rápidos, potentes e de custo mais baixo. A partir daí, a técnica dos SE tem sido aplicada nas diversas áreas do conhecimento humano, como: medicina, engenharia, administração, marketing , ajudando na tomada de decisões, auxiliando no planejamento de iniciativas a serem tomadas para se atingir um determinado objetivo, desenvolvendo projetos capazes de justificar a alternativa escolhida e fazer uso da mesma para alternativas futuras, formando conceitos e diagnósticos capazes de detectar falhas oriundas da interpretação de dados, análise de viabilidade, simulação e controle.

3.2 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

Segundo Modro (2000) existem muitas formas de definir os SE, entretanto todas as definições são consoantes em uma mesma idéia que são sistemas computadorizados que usando inteligência artificial emulam especialistas humanos, auxiliando na tomada de decisões e resolvendo problemas dos mais diversos tipos.

Para Crippa (2000) sistema especialista é um programa inteligente de computador que usa conhecimentos e procedimentos inferenciais, para resolver problemas que são bastante difíceis, de forma a requererem para sua solução, uma apurada perícia humana. O conhecimento necessário para atuar a esse nível, mais os procedimentos inferenciais empregados, pode considerar-se um modelo da perícia aos melhores profissionais do ramo. O conhecimento de um sistema especialista consiste em fatos e heurísticas. Os fatos constituem um corpo de informação que é largamente compartilhados, publicamente disponível e geralmente aceito pelos especialistas em um campo. As heurísticas são, em sua maioria privada, regras pouco discutidas, de bom discernimento (regras de raciocínio plausível, regras de boa conjectura), que

caracterizam a tomada de decisão de um especialista na área. O nível de desempenho de um sistema especialista é função principalmente do tamanho e da qualidade do banco de conhecimento que possui.

Os SE são construções de softwares produzidos por peritos onde os programas de aplicações auxiliam os não peritos a resolver problemas. São programas de Inteligência Artificial que capacitam um computador a auxiliá-lo num processo de tomada de decisão. O conhecimento adquirido de determinada pessoa é utilizado para instruir o computador a resolver um problema ou tomar uma decisão. Através do sistema especialista, pode-se auxiliar ou aconselhar outros usuários na resolução de mesmo problema.

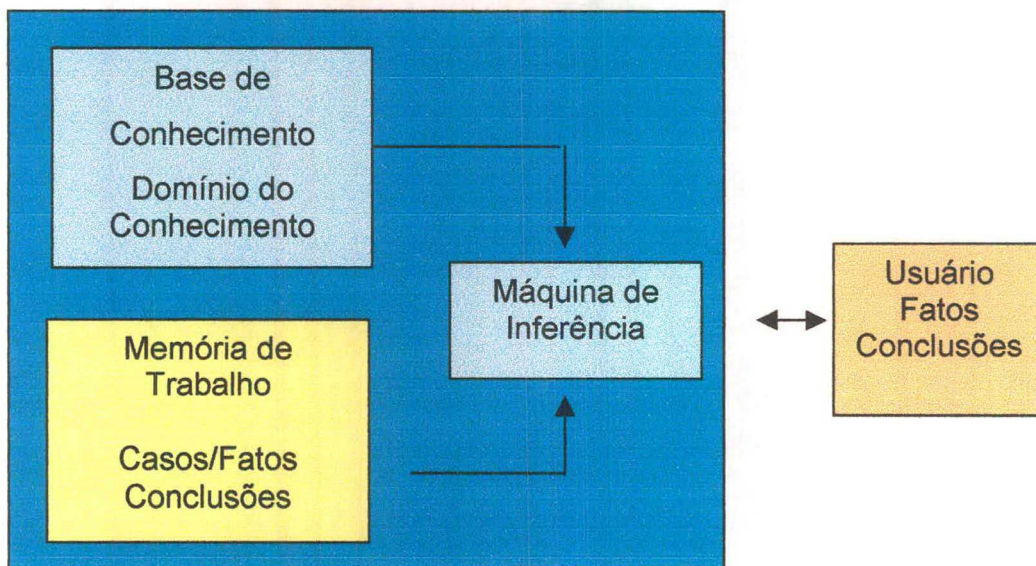
Portanto, um SE é um sistema computadorizado que utiliza amplamente o conhecimento baseado na experiência em um determinado tema para solucionar tópicos de maneira inteligente, ou seja, é um programa de computador projetado para modelar a habilidade de resolver problemas de um especialista humano (Durkin, 1994; Keller, 1991).

Para que um sistema seja considerado especialista são necessárias algumas caracterizações:

- **LINGUAGEM** expressões e conhecimentos fornecidos por especialistas:
- **BASE DE CONHECIMENTOS:** armazenar conhecimentos específicos de determinada aplicação. Este conhecimento pode originar-se de um especialista ou ser acumulado pelo sistema ao final dos experimentos.
- **MÁQUINA DE INFERÊNCIA:** é suscetível a mudanças, pois é um programa que explora o conhecimento da base precedente, considerando-a como fonte de informações.

A Figura 4 mostra como Sistemas Especialistas resolvem problemas.

Figura 4 – Resolução de Problemas por Sistemas Especialistas



3.3 ARQUITETURA DE SISTEMA ESPECIALISTA

Para resolver problemas os SE necessitam de três elementos que são básicos: base de conhecimento do domínio da aplicação, memória de trabalho e máquina de inferência.

3.3.1 Base de Conhecimento

Para solucionar problemas os Sistemas Especialistas precisam acessar uma grande Base de Conhecimento do domínio da aplicação. Para que um sistema especialista seja eficaz, os usuários têm de ser capazes de interagir com ele facilmente. Para facilitar esta interação, os sistemas devem ser capazes de explicar seu raciocínio, consequentemente, o processo de raciocínio deve proceder em etapas compreensíveis em que o conhecimento sobre o processo de raciocínio esteja disponível para que as explicações dessas etapas possam ser geradas; adquirir conhecimento novo e modificar o conhecimento antigo.

Como o conhecimento pode ser aumentado e/ou alterado, torna-se importante então separar a base de conhecimento do conjunto de operadores do sistema.

A base de conhecimento é a forma pela qual todos os conhecimentos de um determinado especialista é passado para o computador. É a parte mais importante de um sistema especialista e seu sucesso depende enormemente da forma de como o conhecimento é representado e dos mecanismos para a exploração destes conhecimentos. A evolução desta base para um estado especialista, começa no levantamento de dados e prossegue durante o desenvolvimento do projeto. Espera-se que a base de conhecimento cresça podendo até ultrapassar os melhores especialistas. Portanto, pode-se dizer que a base de conhecimento é o conjunto de todos os conhecimentos que foi representado, segundo técnicas apropriadas ao sistema, e foi obtido pela entrevista e observação dos especialistas tomando decisões e extraíndo-se do desempenho dos mesmos os fatores mais importantes. Apenas entrevistar um especialista não traz confiabilidade ao sistema, porque durante a entrevista as pessoas podem tomar decisões diferentes daquelas que tomariam quando submetida a pressão (Keller, 1991). Além do conhecimento formal, um perito terá também um conhecimento informal ou narrativo, que está associado a um sistema dinâmico aberto, dependente em contexto e conteúdo específico, plausível ao invés de verdadeiro, razoável ao invés de lógico, e caracterizado por consideração do todo ao invés das partes. Deste modo a aquisição do conhecimento constitui-se em um processo pelo qual o engenheiro do conhecimento extrai fatos e heurística, associada com o trabalho em desenvolvimento (Hart, 1992).

3.3.2 Máquina de Inferência

A máquina de inferência contém todos os conhecimentos que dá uma direção comandando e controlando o raciocínio do sistema. O mecanismo de inferência analisa os fatos e regras que existem na base de dados, adicionando fatos novos sempre que possível, na medida das interpretações e conclusões que executa. Fundamentalmente, a máquina de inferência é responsável pelo encadeamento das ações que deverão ser executadas, ou pela seqüência de regras que deverão ser aplicadas. Ela combina os fatos contidos na memória de trabalho, com o domínio do conhecimento, que está na base de conhecimento, para chegar a conclusões sobre o problema.

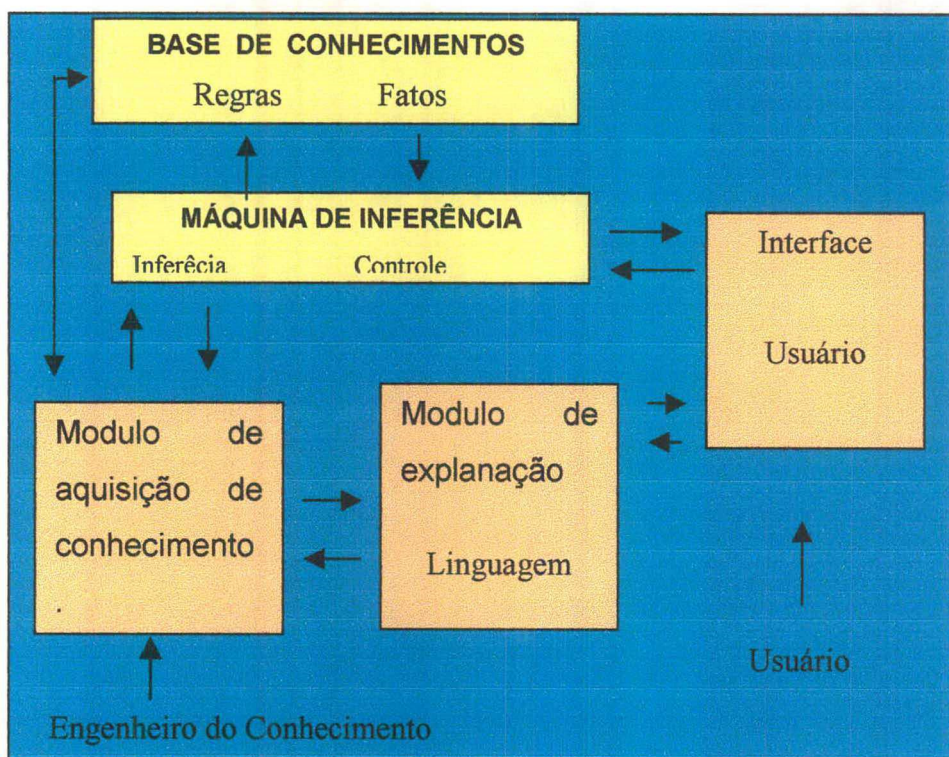
Desta forma a máquina de inferência faz a ligação e a análise entre a memória de trabalho e a base de conhecimento (Chaiben, 2001).

3.3.3 Memória de Trabalho

Segundo Durkin (1994) a memória de trabalho é a parte de um sistema especialista que contém os fatos de problemas, que são descobertos durante uma consulta. Esta memória contém toda a informação sobre o problema que, ou é informado pelo usuário, ou é deduzido pelo sistema, e frequentemente é chamada de informação inteira. Em função desta interação, esta memória é extremamente dinâmica, possibilitando inserir e/ou alterar os fatos durante uma consulta.

A figura 5 mostra a estrutura de um Sistema Especialista.

Figura 5 – Estrutura de um Sistema Especialista.



3.4 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

O conhecimento por si só é um termo abstrato, conhecimento, é o ato ou efeito de conhecer. No contexto dos SE é o processo de adquirir procedimentos, regras, métodos; enfim, o raciocínio do especialista no que diz respeito a resolver problemas para posteriormente transferi-lo para o sistema, desta forma, delimitá-lo e defini-lo é a coisa mais importante para um sistema especialista. A sua representação, pode ser definida como a forma simbólica que pode ser manipulada pelo sistema. Portanto, representação do conhecimento é o método usado para codificar o conhecimento na base de conhecimentos de um SE.

Normalmente, um programa processa dados, mas um sistema especialista tem que processar conhecimento. Para que seja usado um conjunto de conhecimentos em um computador, é preciso escolher a melhor forma de representá-lo, pois a sua representação está sempre relacionada com as formas de expressão da informação (Durkin, 1994; Chaiben, 2001).

O quadro 1 define os tipos de representação do conhecimento:

Quadro 1 – Tipos de Representações de Conhecimentos:

Conhecimento Procedural – descreve como um problema é resolvido. Este tipo de conhecimento produz controle sobre como fazer alguma coisa.	Regras Estratégias Pautas Procedimentos
Conhecimento Declarativo – descreve o que é conhecido sobre o problema. Inclui declarações que assumem valores verdadeiro ou falso.	Conceitos Objetos Fatos
Metaconhecimento – descreve conhecimento sobre conhecimento. É usado para selecionar outro conhecimento mais apropriado para a resolução do problema.	Conhecimento sobre outros tipos de conhecimentos e como usá-los.
Conhecimento Heurístico – descreve um conjunto de regras que conduzem o processo de raciocínio. É empírico e representa o conhecimento compilado por um especialista através da experiência de resolução de problemas passados.	Regras práticas
Conhecimento Estrutural – descreve as estruturas do conhecimento. Este tipo de conhecimento descreve a forma como o conhecimento está estruturado na mente de um especialista.	Conjunto de regras Relações entre Conceitos Relações entre Conceitos e Objetos

3.4.1 Regras

Segundo, Durkin (1994), os fatos fornecidos pelo usuário são importantes na operação de um SE. Eles permitem o sistema compreender o estado atual do mundo. Entretanto, o sistema tem que ter conhecimento adicional que o permitem trabalhar os fatos, de forma inteligente, para resolver um determinado problema. Uma estrutura de conhecimento comumente usada no projeto de um SE que provê este conhecimento adicional é uma regra, ou seja, uma estrutura de conhecimento que relaciona algumas informações que já são conhecidas com outras informações que poderão ser concluídas ou deduzidas, para formar um novo conhecimento.

Uma regra é uma forma de conhecimento procedural. Associa determinada informação com alguma ação. Esta ação pode ser a afirmação de informação nova ou algum procedimento para executar. Uma regra descreve como resolver um problema.

A estrutura lógica de uma regra faz a conexão entre um ou mais antecedentes, chamados de **premissas**, contidas na parte **IF** (se) , a uma ou mais conseqüências, chamadas de **conclusões** , contidas na parte **THEN** (então).

A seguir, como exemplo, é apresentado uma estrutura de uma regra:

IF não pratico nenhum ato inseguro;
AND e as minhas condições de trabalho são seguras;
THEN não sofrerei nenhum acidente.

Deste modo, o domínio do conhecimento é formado baseado em um conjunto de regras e aplicados na base de conhecimento do sistema que, usando estas regras em conjunto com as informações que estão contidas na memória de trabalho, passam a resolver o problema.

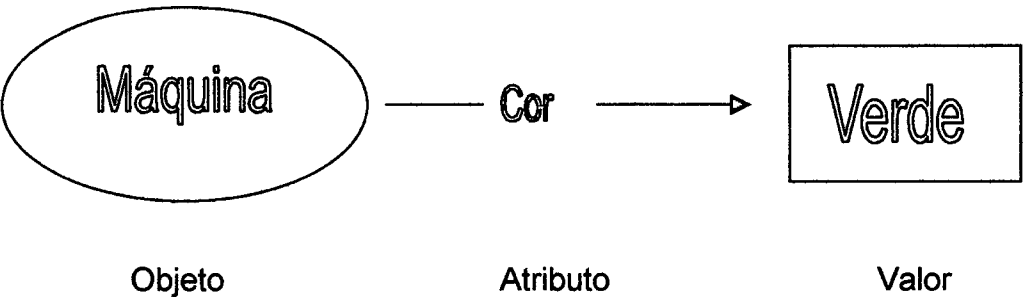
3.4.2 Objeto-atributo-valor

Todas as teorias formuladas para a definição da construção do conhecimento humano se basearam em fatos ocorridos e de algum modo captado pelo indivíduo que o está adquirindo. Um fato é uma forma de conhecimento classificado como declarativo. Nos SE, os fatos são usados para ajudar a descrever partes de armações, redes semânticas ou regras. Eles também são usados para descreverem as relações entre as estruturas do conhecimento mais complexas e controlá-las durante a resolução dos problemas.

Na Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas, um fato é comumente chamado de proposição. Sendo que a proposição é uma declaração que pode ser verdadeira ou falsa.

Um fato também pode ser usado para afirmar um valor de propriedade específica de algum objeto. Como exemplo, a declaração: “**a cor da máquina é verde**”, onde é dado o valor “**verde**” para a cor da máquina. Esta forma de fato apresentada é conhecida como “**objeto-atributo-valor**” (OAV). Um OAV é o tipo mais complexo de proposição. Ele divide uma determinada declaração em partes distintas: objeto, atributo, e o valor do atributo. Tendo em consideração como exemplo, “**a cor da máquina é verde**”, podemos representar esta declaração em uma estrutura de OAV definindo o objeto como “**máquina**” o atributo como “**cor**” e o valor do atributo como “**verde**”, segundo ilustra a figura 6 a seguir .

Figura 6 – Objeto-atributo-valor



O objeto representado em um OAV pode ser um artigo físico, como um carro, uma máquina, ou um artigo abstrato, como o amor ou o medo. O atributo é uma característica ou propriedade importante do objeto levado em consideração no problema a ser resolvido (Durkin, 1994).

3.4.3 Redes Semânticas

O método OAV é utilizado para representar conhecimento sobre um objeto específico. Redes semânticas, podem ser basicamente definidas, como a representação de conhecimentos de vários objetos, como se fosse diversos OAV, ou seja, o modo de representar diversos objetos, e seus vários atributos (Lemos, 1996).

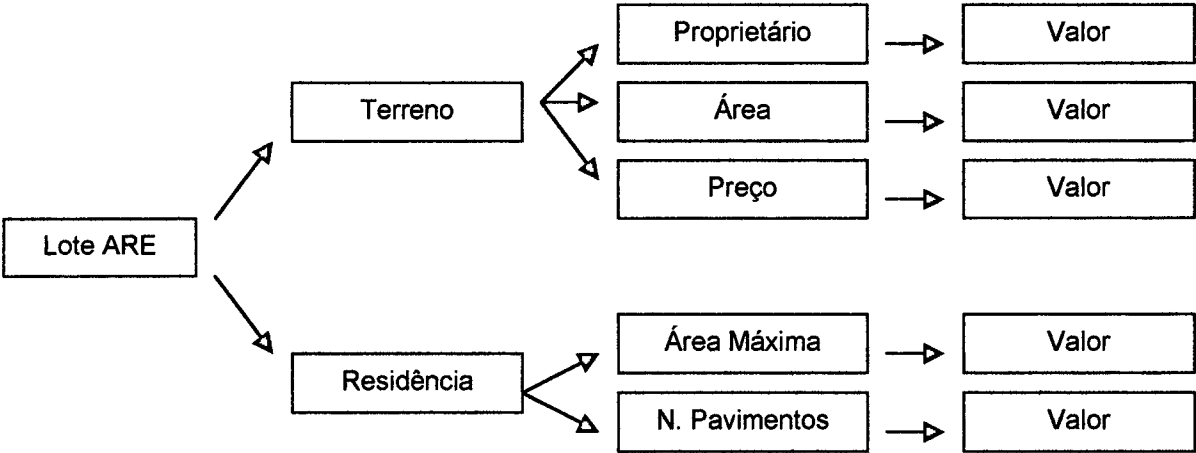
Surgidas em 1968, com estudos desenvolvidos por Quillian a respeito da memória associativa humana. No início utilizada para fazer relações entre objetos, em um processo chamado de busca por interseção, uma ativação era iniciada em dois nós, e logo após ocorria o processo de observação para se ter o conhecimento qual ponto de encontro desses nós. São utilizadas diversas relações, dentre as mais importantes pode-se citar: is-a (é um), ako (um tipo de) e part-of (parte de) (Siqueira, 2000).

Para Lemos (1996) e Durkin (1994) as redes semânticas podem ser representadas por um conjunto de nós, que servem para representar

(substantivos, adjetivos e nomes próprios), que são ligados por arcos, que representam basicamente (verbos e preposições), onde cada nó representa um objeto, um conceito ou um evento e cada arco representa a relação que existe entre cada nó, sendo que cada par de nós simboliza um fato determinado. O desenvolvimento da rede pode ser proporcionado a medida que fatos novos vão sendo associados.

Como exemplo a figura 7 mostra uma rede semântica, onde o nó “Lote Are” especifica um determinado tipo de terreno que herda todos os atributos concernentes nó/objeto “Terreno” e também possui seus próprios atributos.

Figura 7 – Representação de Rede Semântica



Fonte: (Lemos, 1996).

As redes semânticas usam dois mecanismos de inferência: herança e filtragem. A herança serve para inferir propriedades, enquanto que a filtragem serve para formar conceitos específicos usando dois raciocínios: programação de ativação e mapeamento de estruturas.

3.4.4 Lógica Proposicional

O primeiro estudioso a fazer a representação do processo do pensamento, por meio da organização do raciocínio lógico, foi Aristóteles (384-322 a. C.). A sua lógica permaneceu imutável até o século XIX com o aparecimento das lógicas não clássicas. Muitos tentaram matematizar a lógica, entretanto foi George Boole (1815-1864) que a estruturou matematicamente e a publicou no livro *Mathematical Analysis of Logic*, onde demonstra que ela pode ser manipulada algebricamente, sendo que os resultados podem ser obtidos por meio do uso de técnicas matemáticas. Este estudo deu suporte para a lógica simbólica usada na computação.

Para Durkin (1994) a lógica proposicional representa e raciocina com proposições (declarações que são verdadeiras ou falsas). Trabalha com operadores lógicos como *AND*, *OR*, *NOT*, *IMPLIES*, *EQUIVALENCE*, que nos permite raciocinar com várias estruturas de regras. Como exemplo:

- IF* o carro não der a partida, - A
- AND* é muito longe para ir a pé ao trabalho, - B
- THEN* não irei ao trabalho hoje. - C

O quadro 2 mostra os operadores lógicos e seus símbolos equivalentes.

Quadro 2 - Operadores Lógicos e Símbolos

Operador	Símbolo	Significa
AND	\wedge , $\&$, \cap	E
OR	\vee , \cup , $+$	OU
NOT	\neg , \sim ,	NÃO
IMPLIES	\supset , \longrightarrow	IMPLICA
EQUIVALENCE	\equiv	EQUIVALÊNCIA

3.5 MÉTODOS DE INFERÊNCIA

Segundo Teive (2001) o processo de inferir novos fatos tendo como base informação já disponível, é conhecido como: inferenciação ou encadeamento. Existe dois tipos de encadeamento: para frente (FORWARD CHAINING) e para trás (BACKWARD CHAINING). O quadro 3 apresenta as principais características dos dois tipos.

Quadro 3 - Características dos Encadeamentos

Encadeamento para Frente	Encadeamento para Trás
Dirigido aos dados (dados hipóteses)	Dirigido às metas (hipótese dados)
Presente para futuro	Presente para o passado
Antecedente de uma regra para o conseqüente	Do conseqüente de uma regra para o antecedente
Trabalha para frente para encontrar soluções, partindo dos fatos	Trabalha para trás para encontrar fatos que suportem as hipóteses levantadas
Os antecedentes das regras determinam a busca	Os conseqüentes da regra determinam a busca

3.5.1 Encadeamento para Frente

Para Durkin (1994), encadeamento para frente é a estratégia de inferência que começa com fatos conhecidos, dos quais usando regras, dão origem a novos fatos. Este processo continua até se atingir a meta desejada.

A expressão “para frente”, significa uma condição como: um superaquecimento ocorre, alguma coisa será afetada por ele. Como a condição vem antes da conclusão, e como é de costume começarmos pelas condições, então se pode dizer que vamos para a frente. É por isso que se usa a expressão

“encadeamento para frente”. Portanto, esta técnica de inferência é um método onde podemos dispor de um conjunto de fatos básicos a partir dos quais realiza-se a aplicação seqüencial de um conjunto de regras até que se obtenha um novo conjunto de fatos (Ramos, 2001; Sagaz *et. al.*, 1999).

Como exemplo pode-se citar:

IF um operário não usa um protetor auditivo;
AND está exposto a níveis de pressão sonora acima do recomendado;
THEN ele perderá audição.

3.5.2 Encadeamento para Trás

Para Durkin (1994) o encadeamento para trás é a estratégia de inferência que tenta provar uma hipótese.

Segundo Keller (1991) o encadeamento para trás difere do encadeamento para frente pelo fato de começarmos assumindo que uma conclusão é verdadeira, e assim usar as regras para provar essa conclusão.

Como exemplo pode-se citar:

IF um operário perdeu a audição;
AND trabalhava em ambientes acústicos de alto risco;
THEN conclui-se que ele não usava o protetor auditivo.

Neste caso o ponto de partida é a meta final que se deseja atingir, e apenas as regras que têm a possibilidade de satisfazer esta meta serão utilizadas para alcançar esta finalidade.

3.6 AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO

Todos os autores pesquisados concordam em um ponto, a aquisição do conhecimento por um sistema especialista constitui a fase mais complexa e difícil do seu desenvolvimento. Keller (1992), afirma que a aquisição do conhecimento significa a obtenção do conhecimento de um domínio específico extraído de alguma fonte, que pode ser humana, e o seu desenvolvimento dentro de um sistema computacional. No contexto dos sistemas especialistas, é o processo de captar procedimentos, regras, métodos, enfim, o raciocínio do especialista no que está relacionado com o modo como ele resolve o problema para posteriormente transferi-lo para o sistema.

A aquisição do conhecimento é o gargalo da construção de um sistema especialista. É a tarefa que envolve, tipicamente ações de reunir informações de um ou mais peritos humanos e/ ou fontes documentais, organizando estas informações de alguma maneira, para transformá-la em uma forma compreensível e executável pela máquina. O objetivo desta fase é compor o corpo do conhecimento sobre o problema de interesse que pode ser organizado em um sistema. Fontes para este conhecimento podem ser livros, guias, regulamentos, relatórios, etc., porém a que mais se destaca na maior parte dos projetos, é o domínio do especialista. Adquirir conhecimento de um especialista é um termo de aquisição do conhecimento mais genérico o qual pode ser chamado de *extração do conhecimento* (Bueno, 2000; Siqueira, 2001).

Hart (1992) afirma que:

“Engenharia do conhecimento e análise de sistemas tem muito em comum. Engenheiros do conhecimento fariam bem em importar algumas das disciplinas de metodologias de análise de sistemas da mesma forma que analistas de sistemas necessitam mais habilidades para atrair opiniões e conhecimento”.

Lemos (1996) completa a definição sobre a aquisição do conhecimento dizendo que ela pode ser definida, basicamente, como o processo de busca dos conhecimentos requeridos pelo SE para resolução de um determinado problema, destacando neste processo a figura do *engenheiro de conhecimento* responsável a princípio, pela aquisição, pelo desenvolvimento e implementação do SE, salientando a sua importância e recomendando o emprego de dois engenheiros de conhecimentos, onde um deles deve ter experiência sobre SE, e o outro ficando com a responsabilidade exclusiva do processo de aquisição do conhecimento.

O engenheiro do conhecimento deve ter, no mínimo, as seguintes características:

- Ter experiência no desenvolvimento e implementação de Ses;
- Ter um razoável conhecimento de alternativas sobre os processos de análise de decisão;
- Ter conhecimento de modelo (s) de representação do conhecimento e não ser, totalmente, leigo na área de domínio do problema a resolver.

A figura 8 apresenta de forma esquemática, a função que deve ser desempenhada pelo engenheiro do conhecimento no seu relacionamento com o (s) especialista (s), no processo de aquisição do conhecimento, para implantação do SE (Waterman, 1986).

3.7 SHELLS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

Uma das mais importantes tarefas na construção de um sistema especialista está ligada a escolha do método que deverá ser utilizado para representar o conhecimento, que por sua vez deverá estar diretamente relacionado com o tipo de problema que se quer resolver, sendo que, o mais utilizado é o método de representação do conhecimento através do uso de regras.

É neste instante que se define o tipo de “software” que deverá ser utilizado, e para que isso ocorra, pode-se fazer uso de “shells” disponíveis no mercado, ou desenvolver uma “shell”, em linguagem de programação, para ser utilizado especificamente no SE desejado.

Pode-se definir “shells”, como programas que possuem ferramentas que são utilizadas para representar o conhecimento, alimentando o mecanismo de inferência para a resolução do problema e as interfaces de comunicação com o engenheiro de conhecimento e o usuário para a manipulação do sistema.

A utilização de “shells” na construção de SEs reduz, substancialmente, o trabalho do engenheiro de conhecimento, cabendo a ele apenas a responsabilidade de fornecer o conhecimentos necessários ao bom funcionamento do sistema (Durkin, 1994; Lemos, 1996).

Um exemplo de “shell” que utiliza a representação do conhecimento através do uso de regras de produção, é o EXPERT SINTA, versão 1.1, desenvolvida em linguagem DELPHI, pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Ceará, e tem como característica a construção automática de telas e menus, o tratamento probabilístico das regras de produção, a utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada, a utilização do encadeamento para trás (*backward chaining*), a utilização de fatores de confiança, ferramentas de depuração e a possibilidade de incluir ajudas *on-line* para cada base.

Vide (Anexo 7.1) relação de alguns exemplos de “shells” de Sistemas Especialistas.

3.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SEs

A principais vantagens de um SE são:

- Velocidade na determinação e resolução dos problemas;
- Segurança, eficiência, estabilidade, flexibilidade;
- Disponibilidade, ou seja, pode-se ter acesso no instante em se desejar;
- Custo reduzido, principalmente em comparação com a formação de um especialista humano;
- Registro permanente do conhecimento, ou seja, os SEs não se esquecem, ao passo que os seres humanos podem esquecer;
- Possibilidade de reproduzir o conhecimento, ou seja, podem ser feitas muitas cópias dos SEs, o mesmo não podendo ser feito com especialistas humanos;
- Documentação: toda a documentação pode ser vista e revista nos instante que for necessário;
- Os SEs tomam decisões imparciais independentemente de fatores externos que possivelmente afetariam um especialista humano;
- As decisões dos SEs são tomadas de forma consistente, pois tem como suporte uma base sólida de conhecimento, dando sempre o mesmo parecer.
- Os SEs podem rever toda a memória de trabalho.

Porém, os SEs também possuem desvantagens tais como:

- Não são capazes de reconhecer quando não existe resposta, ou então quando o problema está além do seu domínio de conhecimento;
- Não são capazes de se adaptar às novas realidades, sem sofrer alterações na sua base de conhecimento;
- Não são capazes de raciocinar de acordo com o senso comum, o que pode trazer algumas desvantagens, dependendo da área em estar sendo aplicado;
- Quando submetido a situações anormais, os especialistas humanos, muitas vezes, têm a capacidade de responder de forma criativa, ao passo que um SE não consegue.

3.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo conhecimento acumulado pelo ser humano durante sua existência, é um patrimônio de valor incalculável. Este conhecimento foi o responsável pelo desenvolvimento da humanidade. Entretanto, ele só se tornou um fator importante a partir do instante em que o homem teve como transmiti-lo. Inicialmente através de símbolos rupestres, e posteriormente através da escrita, mesmo assim muito se perdeu. Hoje, as organizações de todos os tipos têm no seu quadro de pessoal conhecimentos extremamente importantes para seus projetos futuros e para sua própria sobrevivência em um mercado cada vez mais competitivo e globalizado.

Seus empregados a medida que deixam a empresa, aposentando, ou mesmo migrando para outras empresas provocam uma perda muito grande.

Seus conhecimentos de vários anos de experiência serão perdidos, a não ser que se tenha uma forma de captar e preservar estes conhecimentos e poder de modo acessível transmiti-los àqueles que venham eventualmente a substituí-los. A tecnologia dos sistemas especialistas é ideal para se atingir estes propósitos.

No próximo capítulo é apresentado o modelo proposto, seu desenvolvimento e sua aplicação, sua forma de operação, bem como os motivos que levaram a sua construção.

4. DESCRIÇÃO, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

“A meta principal da IA é a emulação através da máquina e o realce de todo e qualquer comportamento humano que ainda não tenha sido automatizado.”

Robert Keller

4.1 INTRODUÇÃO

As exigências do mercado atual em função da globalização da economia, tem levado à criação de novas tecnologias para atender a demanda por novidades em todas as áreas. Estas novas tecnologias estão sempre acompanhadas de novos riscos, seja para o ambiente, seja para aqueles que estão envolvidos nos processos produtivos.

Para atender as exigências legais, que visam a preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores, de implantar ou implementar o *Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA* foi construído o Sistema Inteligente de Monitoramento de Riscos Ambientais – ESPERTO, que possui uma série de ferramentas para auxiliar os profissionais da Segurança do Trabalho, dando suporte para que seja desenvolvido um programa eficaz no controle dos riscos existentes nos ambientes laborais, contribuindo para a redução dos acidentes e doenças ocupacionais. Pois a complexidade da avaliação dos diversos riscos que podem ser encontrados nestes locais, e que envolvem conhecimentos diversos em várias áreas de domínio, impõe grandes dificuldades para o seu reconhecimento.

Os softwares, disponíveis no mercado, são elementares, e se restringem à emissão de relatórios, que vão sendo construídos à medida que o usuário, especialista na área, vai inserindo resultado das análises dos riscos encontrados, cabendo a este, tomar as decisões relativas às medidas de controle, que deverão ser implementadas ou implantadas.

Deste modo, coube o desenvolvimento de uma ferramenta que além de atender às exigências da norma, também pudesse auxiliar o Engenheiro de Segurança na tomada de decisão.

Neste capítulo, é apresentado de forma detalhada o Sistema ESPERTO – Sistema Inteligente de Monitoramento de Riscos Ambientais, bem como as ferramentas que foram utilizadas para o seu desenvolvimento.

E finalmente, descreve-se o seu modo de operação.

4.2 MODELO PROPOSTO

O modelo proposto possui um sistema de cadastramento completo, possibilitando a armazenagem de dados das empresas, dos seus departamentos e de seus funcionários, ou seja, possui as características de um sistema de informação convencional, com entrada e saída de dados, aliado a um módulo de análise automática, onde o Engenheiro pode selecionar os riscos que existem em cada departamento e que afetam diretamente a cada trabalhador do local.

A partir desta seleção o usuário deve fornecer os dados colhidos *in loco*, através dos equipamentos adequados a cada situação, alimentando a base de conhecimentos do sistema, que deste modo, usando técnicas de SE, passa a analisar as informações devendo chegar a uma conclusão a respeito do problema encontrado.

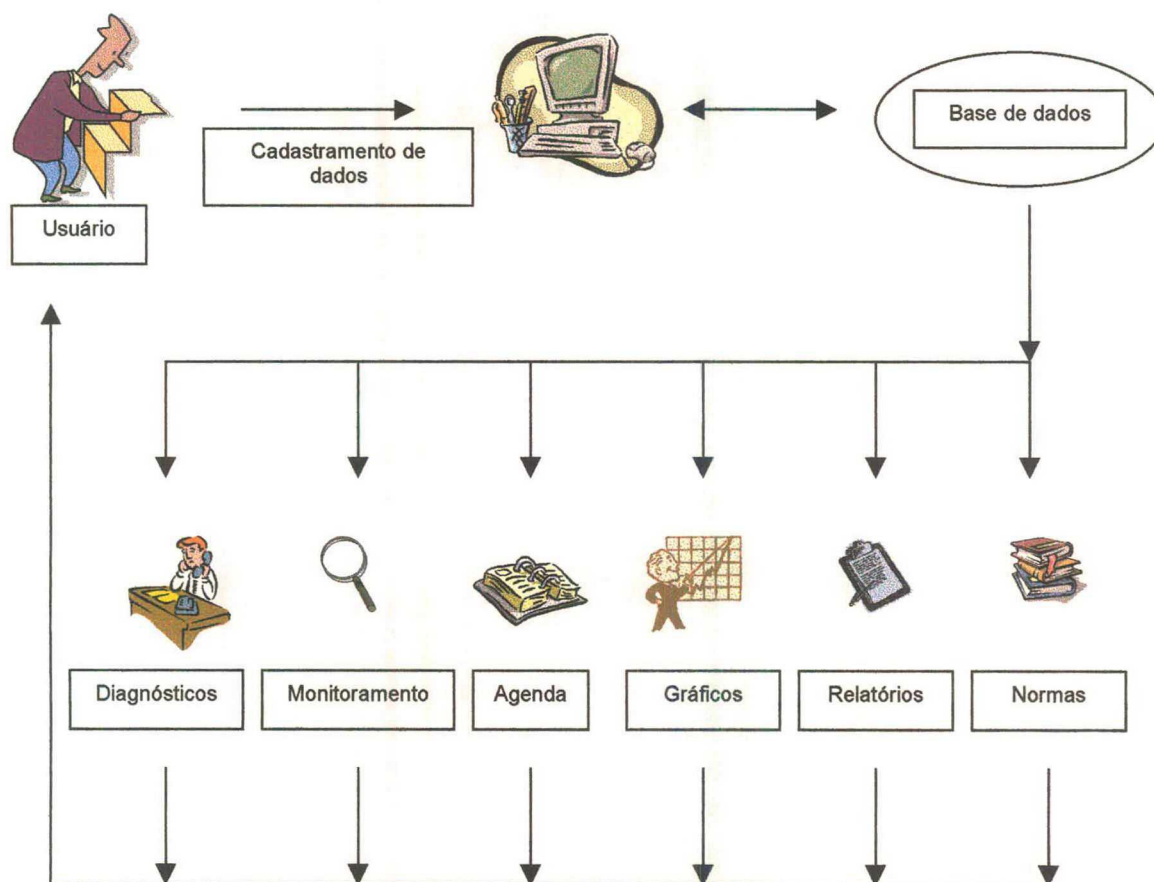
Finalmente o sistema fornece relatórios, constando de todos os dados das empresas, departamentos e funcionários, juntamente com os riscos encontrados, sua avaliação, a regra que foi utilizada, as conseqüências e as medidas de controle a serem adotadas, e gráficos, constando da avaliação realizada pelo sistema, baseado na variação das condições ambientais, ao longo do tempo de monitoramento, tanto para efeito de controle do

desempenho individual da situação em que se encontra o trabalhador, como da situação em que se encontra os departamentos, permitindo um monitoramento constante das condições ambientais a que o trabalhador está exposto, e que deve ser enviado a Delegacia mais próxima do Ministério do Trabalho, como prova do cumprimento das exigências da NR-9.

É possível também acessar a NR-15, norma que trata das atividades e operações insalubres.

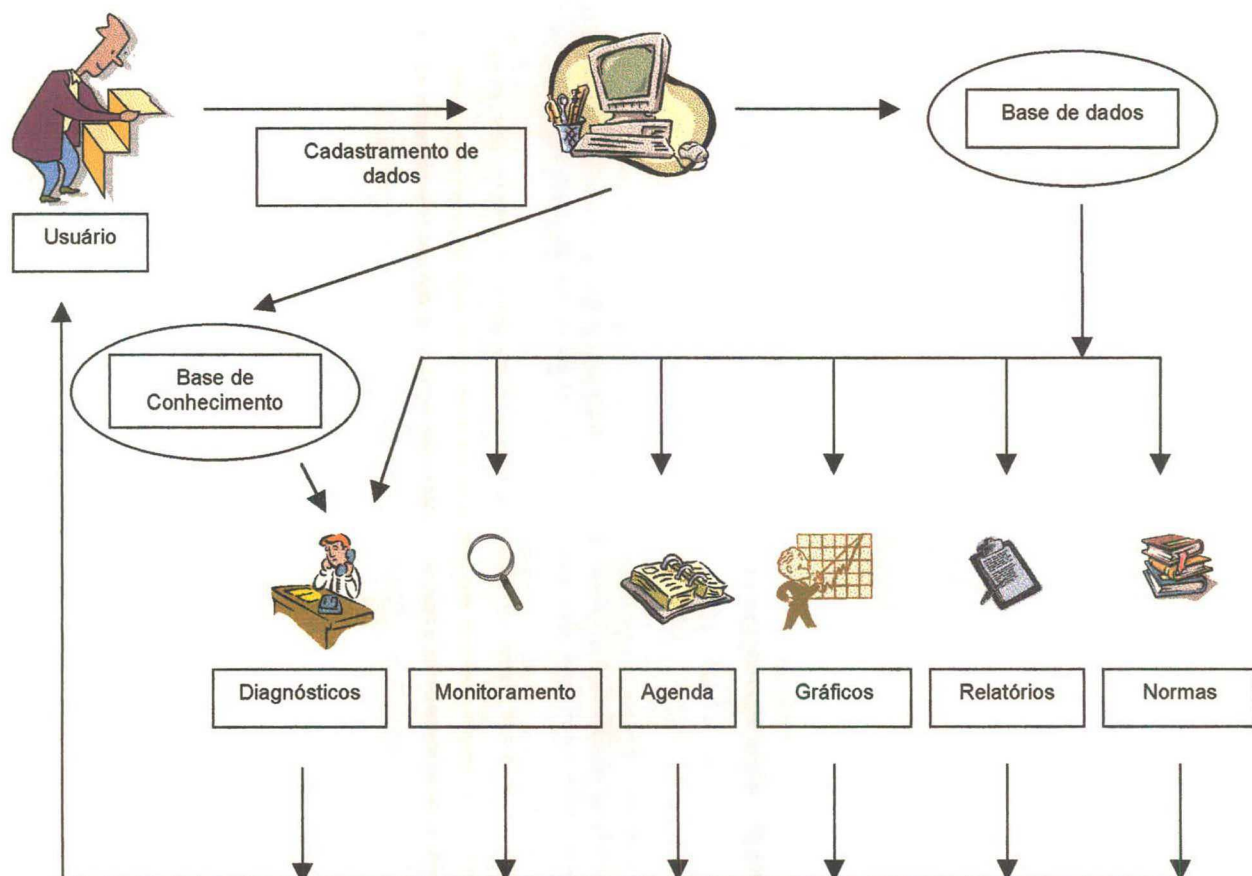
A Figura 9 mostra uma visualização do sistema proposto.

Figura 9 – Visualização do Sistema Esperto



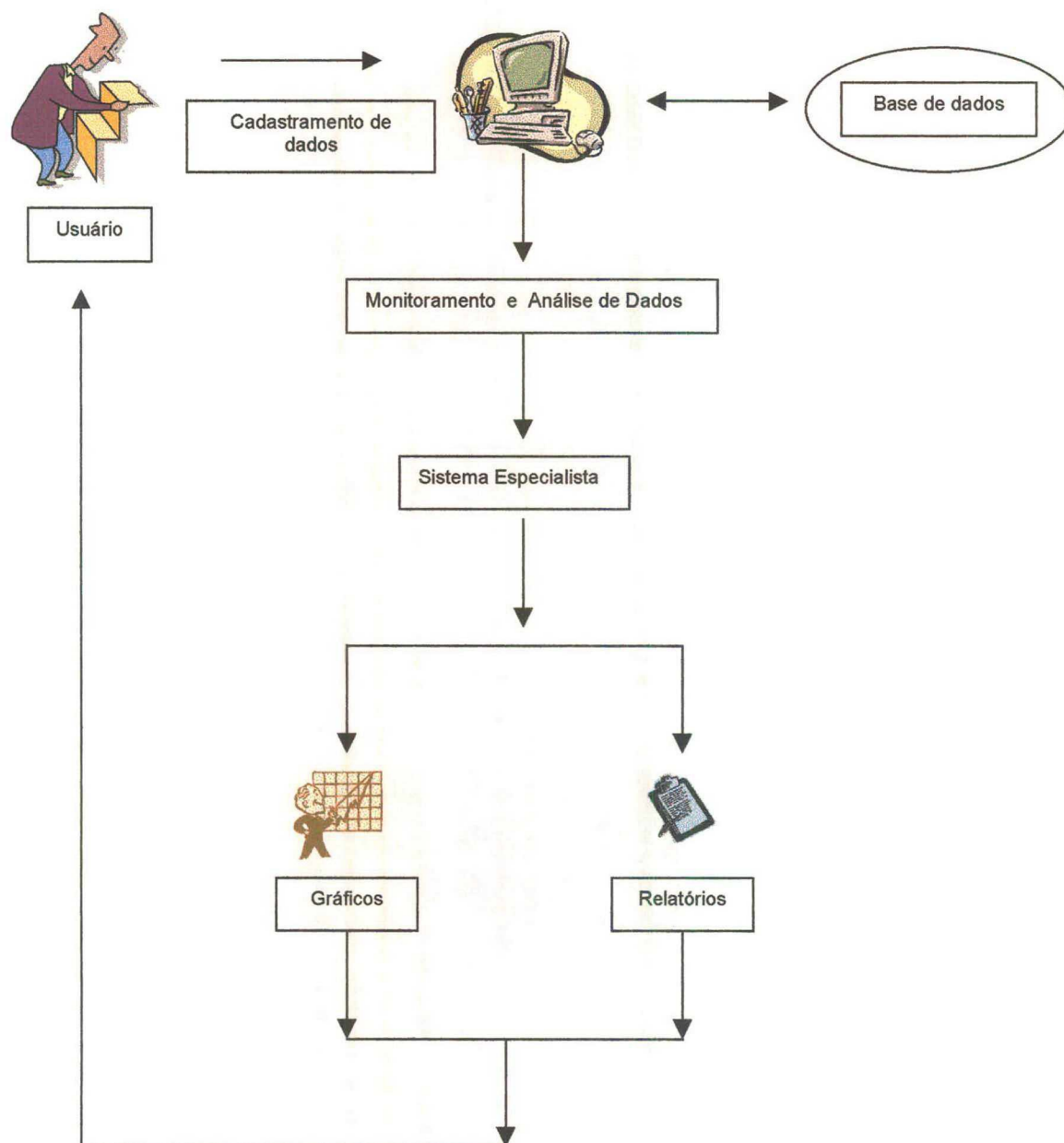
A Figura 10 apresenta a arquitetura lógica do sistema ESPERTO.

Figura 10 – Arquitetura Lógica do Sistema Proposto



A figura 11 mostra o sistema implementado.

Figura 11 - Sistema Implementado



As saídas que foram adotadas, além de atender as exigências legais, são as formas mais efetivas e facilitadoras de se compreender os resultados do monitoramento ambiental, conduzindo o usuário a tomar a decisão mais acertada e adequada à realidade encontrada.

4.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA PROPOSTO

Para o desenvolvimento do sistema foi escolhido e utilizado o Delphi, desenvolvido pela Borland International. O Delphi é uma ferramenta de programação visual que vem com um compilador capaz de gerar códigos diretamente executável pelo Windows 95/98 e 2000 da Microsoft®, proporcionando uma velocidade de execução de cinco a vinte vezes maior que as linguagens interpretadas. Além disso, vem também com um gerenciador de banco de dados completo e um gerenciador de relatórios. O tempo de desenvolvimento de qualquer sistema é reduzido a uma fração do tempo, que seria necessário usando outras linguagens e o resultado é sempre muito melhor. Sua característica principal é ser uma linguagem orientada a eventos. Deste modo, ele possibilita a construção de um sistema de fácil acesso e manuseio, com uma interface amigável, que promove uma maior interação com o usuário (Perrotti, 2001).

Para representar o conhecimento através do uso de regras de produção (*production rules*), foi escolhida a shell EXPERT SINTA, versão 1.1, desenvolvida pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Ceará, por ser compatível com a linguagem Delphi, e de fácil uso, mesmo por pessoas sem conhecimentos de informática, permitindo que o criador do sistema preocupe-se somente com a representação do conhecimento, deixando para a shell a tarefa mais complicada de interpretar o conhecimento representado e executá-lo em uma máquina.

O banco de dados utilizado na construção do sistema foi o DBISAM, desenvolvido pela Elevate Software. Sua escolha é devida a facilidade de operação e integração a outros sistemas.

4.4 SISTEMA ESPECIALISTA APLICADO AO SISTEMA

Para resolver o problema da dificuldade de se levantar e analisar os riscos nos ambientes de trabalho, e chegar a um diagnóstico eficaz com relação às medidas a serem tomadas, para minorar ou eliminar os efeitos dos agentes sobre a saúde do trabalhador, foi aplicada a tecnologia de Sistema Especialistas, por se tratar de uma técnica adequada ao caso, pois utiliza amplamente os conhecimentos e os procedimentos inferenciais baseados na experiência do especialista da área (Durkin, 1994; Crippa, 2000).

Para representar o conhecimento, dentro das diversas técnicas existentes, foi escolhida a de “regras de produção”, que consiste em representar o domínio do conhecimento através de um conjunto de regras. É a técnica mais popular e utilizada no desenvolvimento de Sistemas Especialistas devido à algumas características, dentre elas pode-se citar: modularidade, facilidade de implantação e, também, pelo fato de existir no mercado inúmeros pacotes “**shells**” bastante acessíveis e fáceis de serem operadas.

Por ser uma forma de conhecimento procedural, a regra associa determinada informação com alguma ação, sendo essa ação a afirmação de uma nova informação ou algum procedimento que deverá ser executado. Portanto, como o desempenho da função do Engenheiro de Segurança do Trabalho está relacionado à realização constante de diagnósticos, conclui-se que o uso das regras de produção é o mais indicado.

Para que as regras sejam implementadas é necessário que se defina as variáveis, os valores e os objetivos, que proverão o mecanismo de inferência, bem como as interfaces de comunicação com o Engenheiro de Conhecimento e o usuário para a manipulação do sistema, de modo que se alcance a resolução do problema.

O quadro 4 mostra como as variáveis foram estruturadas para a resolução dos problemas relativos à exposição a radiação ionizante.

Quadro 4 – Relação das Variáveis das Radiações Ionizantes

Variáveis	Valores	Tipo	Objetivo	Interface
Ambiente	- Salubre - Insalubre	Multivalorada	Ambiente	
Dose	- 0 - 1000	Numérica		Baseado na exposição diária, e em função de ser acumulativa, qual a dose anual que está submetido o trabalhador em mSv/ano (milisivert/ano)?
Dose corpo inteiro	- Sim - Não	Univalorada		O trabalhador está submetido a doses de radiação ionizante de corpo inteiro ?
Dose cristalino	- Sim - Não	Univalorada		O trabalhador está submetido a doses de radiação ionizante no olho ?
Dose extremidade	- Sim - Não	Univalorada		O trabalhador está submetido a doses de radiação ionizante nas extremidades do corpo como mãos e pés ?
Dose tecido	- Sim - Não	Univalorada		O trabalhador está submetido a doses de radiação ionizante em único órgão ou tecido ?

A seguir, são apresentadas como exemplo, as regras que compõem o sistema Esperto, na parte que analisa a exposição à radiação ionizante.

Regras da Radiação Ionizante

Regra 1

SE Dose corpo inteiro = Sim.

E Dose ≤ 50 .

ENTÃO Ambiente = O ambiente não é insalubre não oferecendo risco a saúde do trabalhador. CNF 100 %.

Regra 2

SE Dose corpo inteiro = Sim.

E Dose > 50 .

ENTÃO Ambiente = O ambiente é insalubre e oferece risco grave e iminente a saúde do trabalhador. CNF 100 %.

Regra 3

SE Dose corpo inteiro = Não.

E Dose de tecido = Sim.

E Dose ≤ 500 .

ENTÃO Ambiente = O ambiente não é insalubre não oferecendo risco a saúde do trabalhador. CNF 100 %.

Regra 4

SE Dose corpo inteiro = Não.

E Dose de tecido = Sim.

E Dose > 500 .

ENTÃO Ambiente = O ambiente é insalubre e oferece risco grave e iminente a saúde do trabalhador. CNF 100 %.

Regra 5

SE Dose corpo inteiro = Não.

E Dose de tecido = Não.

E Dose de cristalino = Sim.

E Dose ≤ 150 .

ENTÃO Ambiente = O ambiente não é insalubre não oferecendo risco a saúde do trabalhador. CNF 100 %.

Regra 6

SE Dose corpo inteiro = Não.

E Dose de tecido = Não.

E Dose de cristalino = Sim.

E Dose > 150 .

ENTÃO Ambiente = O ambiente é insalubre e oferece risco grave e iminente a saúde do trabalhador. CNF 100 %.

Regra 7

SE Dose corpo inteiro = Não.

E Dose de tecido = Não.

E Dose de cristalino = Não.

E Dose de extremidade = Sim.

E Dose ≤ 500 .

ENTÃO Ambiente = O ambiente não é insalubre não oferecendo risco a saúde do trabalhador. CNF 100 %.

Regra 8

SE Dose corpo inteiro = Não.

E Dose de tecido = Não.

E Dose de cristalino = Não.

E Dose de extremidade = Sim.

E Dose > 500 .

ENTÃO Ambiente = O ambiente é insalubre e oferece risco grave e iminente a saúde do trabalhador. CNF 100 %.

Os componentes da arquitetura do sistema especialista implementado podem ser descritos da seguinte maneira:

- **Base de Conhecimento** – Na base de conhecimento está representada computacionalmente a informação (fatos e regras) que o especialista utiliza. Para que o problema selecionado pelo usuário seja resolvido, é necessário o acesso a esta base de conhecimento, onde foi armazenado o conjunto de todos os conhecimentos relativos aos riscos encontrados nos ambientes de trabalho.

No Sistema ESPERTO o usuário poderá escolher quantos riscos forem necessários, pois a medida que as regras são validadas, o sistema formula novo diálogo a respeito da próxima regra, ou seja, do próximo risco, até que todas condições sejam apreciadas.

- **Memória de Trabalho** – Este componente é a parte do Sistema Especialista que contém o armazenamento temporário, dos fatos e problemas, que são descobertos durante a consulta, relativos aos riscos. Esta memória contém todas as informações sobre o problema, e é acionada quando a inferência é finalizada, fazendo com que o sistema emita uma mensagem para o usuário, constando do diagnóstico relativo à consulta.

- **Máquina de Inferência** – Está contido neste componente os conhecimentos que direcionam e controlam o raciocínio do sistema, ou seja, é a parte responsável pelas deduções sobre a base de conhecimentos.

Portanto, a partir da confirmação da regra, o sistema apresentará conclusões, utilizando como mecanismo de inferência o encadeamento para trás (*Backward Chaining*).

No Sistema ESPERTO , além do diagnóstico, identificando ou não a insalubridade do ambiente, é emitido um parecer com relação as medidas de controle que deverão ser tomadas mediante os problemas identificados, informando ainda sobre as conseqüências advindas do mesmo, e que poderão afetar a saúde do trabalhador, caso nada seja feito.

4.4.1 – Alternativas de Aplicação de Sistemas Especialistas Pesquisadas

Dentre as alternativas pesquisadas para o desenvolvimento do Sistema Especialista, foram encontradas muitas ferramentas disponíveis no mercado como: LISP, PROLOG e OPS, mais usadas para o desenvolvimento de sistemas mais complexos, sendo difíceis de serem operadas, em função da complexidade da linguagem (Durkin, 1994); KAPPA-PC, ACE, ADS, ESP Advisor e Expert SINTA, mais acessíveis e adequadas ao uso em computadores pessoais.

Foi escolhida a última “**shell**” relacionada , Expert SINTA, desenvolvida pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Ceará, por ser a que mais se adapta aos objetivos da proposta, tendo em vista que, por meio dela, o conhecimento pode ser representado através de regra de produção, utilizando como método de inferência o encadeamento para trás, caracterizada pela forma de conhecimento procedural, e que está mais consoante com a tarefa de realização de diagnósticos que o Engenheiro de Segurança deve fazer, para o bom monitoramento do ambiente de trabalho.

4.5 FUNÇÕES DO SISTEMA ESPERTO

O Sistema ESPERTO pode ser dividido em quatro funções diferentes para efeito de compreensão do seu funcionamento:

- ♦ Função de Cadastros;

- ♦ Função de Diagnósticos;
- ♦ Funções de Monitoramento e Agenda;
- ♦ Funções de Gráfico e Normas.

4.5.1 - Função de Cadastros

Esta função é destinada a armazenagem de todas as informações relativas as empresas, departamentos e funcionários.

Esta função é dividida em três partes descritas a seguir:

- **Cadastro de dados das empresas:** nesta função são cadastrados dados relativos as empresas. Sendo eles: nome fantasia, razão social, tipo, CNPJ, inscrição estadual, endereço, e-mail, telefone, fax, contato, local (Figura 12).

Figura 12 – Tela de Cadastro de Empresas.

Esperito - Versão 1.0

Cadastros Diagnósticos Monitoramento Agenda Gráficos Normas Sair

ESperito Empresa: Ville Engenharia

Empresas

Procurar cliente por:

☒ CPF/CGC ☐ Nome Fantasia Informe o Parâmetro:

Empresa	CGC/CPF	Contato	Telefone
► Ville Engenharia	012345	Marcelo	(035) 3295-621
CRIATIVA Sistemas Inteligentes	00554438933	Jordan	2499594

Nome Fantasia: Ville Engenharia Razão Social: Ville Engenharia LTDA

Tipo: Pessoa Jurídica CPF/CGC: 012345

Endereço: Rua Cel. Jacinto 121- A Email: marcelo@mg.com.br

I. Estadual: 445566 Telefone: (035) 3295-6214 Fax: (035) 3295-6214

Celular: 99891010 Cidade: Machado UF: MG

CEP: 37750000 Contato: Marcelo Data Nasc.: 30/12/99

Incluir Alterar Confirmar Cancelar Excluir

- **Cadastro de Departamentos:** É nesta função que o usuário cadastra todos os departamentos que compõem a empresa (Figura 13).

Figura 13 – Tela de Cadastro de Departamentos

Esperito - Versão 1.0

Cadastros Diagnósticos Monitoramento Agenda Gráficos Normas Sair

ESperito Empresa: Ville Engenharia

Departamento

Departamento

► Pessoal

Limpeza

Departamento: Pessoal

Incluir Alterar Confirmar Cancelar Excluir

- **Cadastro de funcionários:** é nesta função que são cadastrados todos os dados, relativos a cada funcionário da empresa selecionada, tais como: nome, departamento, função, CPF, RG, data de nascimento, endereço, local, telefone, e-mail, e é também nesta função que o usuário deverá informar as observações relativas ao funcionário com relação a sua situação perante as condições de seu trabalho, ou qualquer outra que julgar necessária, até mesmo informações fornecidas pelo próprio empregado.

A figura 14 apresenta a tela relativa ao cadastramento de funcionários.

Figura 14 – Tela de Cadastro de Funcionários

Esperito - Versão 1.0

Cadastros Diagnósticos Monitoramento Agenda Gráficos Normas Sair

ESperito Empresa: Ville Engenharia

Funcionários

Procurar funcionário por:

☒ CPF ☐ Nome Informe o Parâmetro:

Nome	CPF	RG	Telefone	Email	Função	Média
Paulo José de Souza	00554438933	3382132	32552327	paulo@mgol.com.br	Analista de sistemas	5,90
Marcelo Bottazzini	22334455	M-1.809.863 - S: 9962-0658		ville@axnet.com.br	Projetista	3,47
▶ José Antero de Souza	2563487921	M-1.126.254 SS 9962-0047		antero@mgol.com.br	Contador	3,00

Nome: José Antero de Souza Departamento: Pessoal

Função: Contador CPF: 2563487921

RG: M-1.126.254 SSP-MG Data nasc.: 20/05/72

Estado Nasc.: MG Telefone: 9962-0047

Email: antero@mgol.com.br Endereço: Rua Dom Hugo, 191 - Machado

Observações:

O funcionário está reclamando de mal estar. Verificar!!

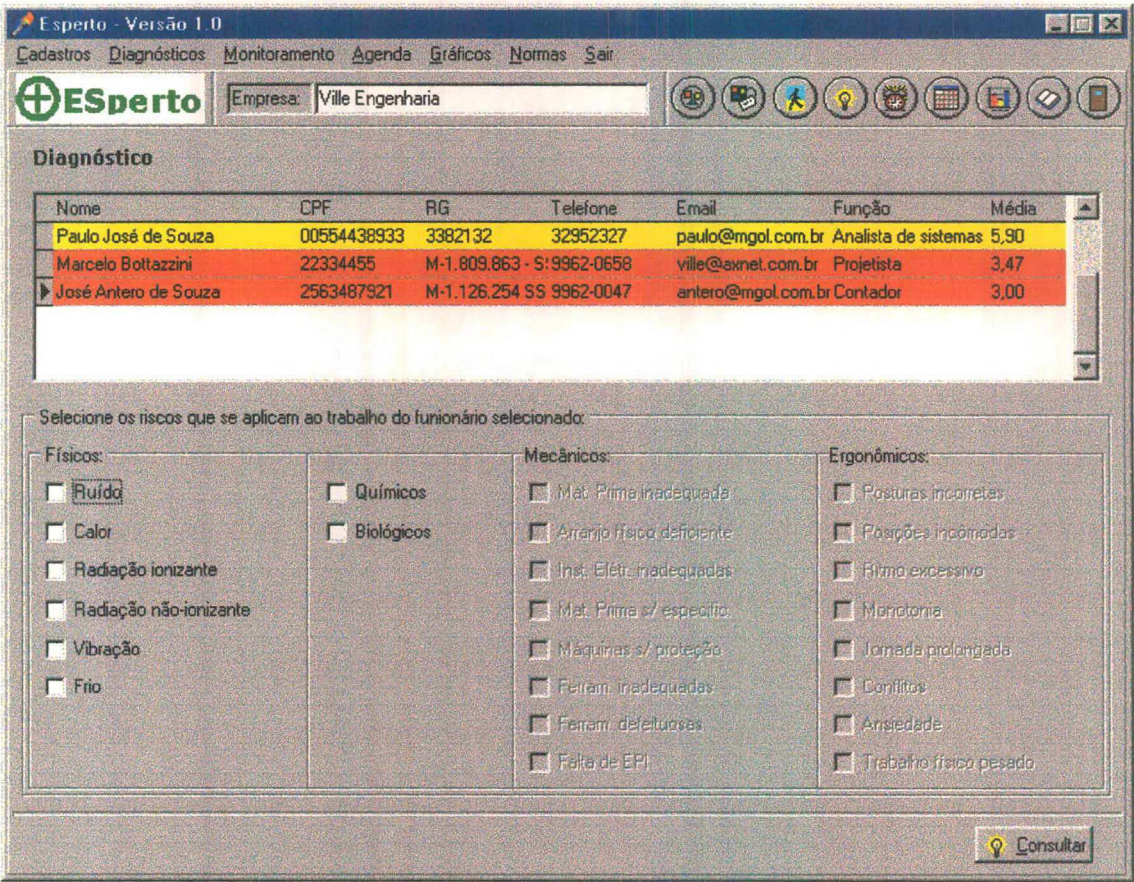
Incluir Alterar Confirmar Cancelar Excluir

É também através das funções de cadastro, que o usuário poderá alterar ou excluir qualquer dado já cadastrado, tanto das empresas e departamentos como relativos aos funcionários.

4.5.2 – Função de Diagnósticos

É nesta função, onde o usuário seleciona o funcionário que será avaliado, e informa quais os riscos que o mesmo está sendo submetido, que está aplicada a tecnologia de Sistemas Especialista (Figura 15).

Figura 15 – Tela de Diagnóstico



Ao acionar a tecla “consultar” o programa dispara o SE, e a partir daí o sistema inicia o diálogo com o usuário com o objetivo de analisar a situação em que o funcionário se encontra.

O usuário poderá selecionar quantos riscos forem necessários.

Sendo selecionado o risco físico ruído, o sistema abrirá o diálogo segundo o que mostra a figura 16, para que seja identificado se o ruído é contínuo, intermitente ou de impacto.

Figura 16 – Tela de Identificação do Tipo de Ruído

SEM NOME

O NPS varia de até +- 3 dB ?

(Marque somente uma alternativa)

Opção:

☐ Sim

☐ Não

Grau de Confiança %:

OK

Por que?

Se o funcionário estiver submetido a ação de ruído contínuo ou intermitente, o sistema abrirá o diálogo para que o usuário informe o nível de pressão sonora (NPS) em decibéis e o tempo de exposição ao agente (Figura 17).

Figura 17 – Tela de NPS e Tempo de Exposição

Esperito - Ruído

Informe o tempo de exposição a cada NPS:

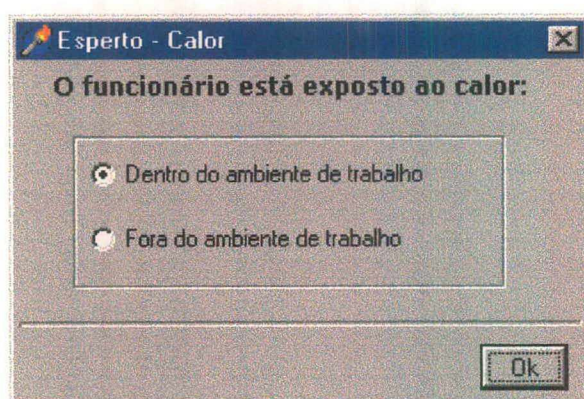
Nível de ruído dB	Tempo de exposição diária	Nível de ruído dB	Tempo de exposição diária
80		94	
81		95	
82		96	
83		98	
84		100	
85		102	
86		104	
87		106	
88		108	
89		110	
90		112	
91		114	
92		115	
93			

Ok

Caso o sistema, mediante a informação do usuário, tenha concluído que o trabalhador está submetido a ruído de impacto, ele abrirá os diálogos relativos a este risco, para se obter o diagnóstico adequado.

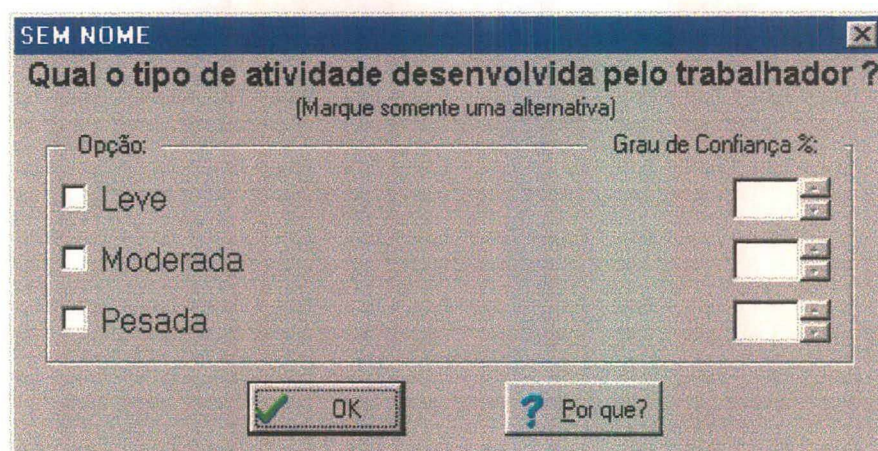
Do mesmo modo, sendo selecionado o risco físico calor, o sistema automaticamente abrirá o diálogo para o prosseguimento das análises (Figura 18).

Figura 18 – Tela de Identificação do Período de Descanso



Depois da seleção do tipo de descanso durante a jornada de trabalho, o sistema abrirá o diálogo para identificar o tipo de atividade desenvolvida pelo trabalhador (Figura 19).

Figura 19 – Tela do Tipo de Atividade Desenvolvida pelo Trabalhador



Mediante a seleção do tipo de atividade, o usuário deverá informar o regime de trabalho desenvolvido pelo trabalhador, na tela apresentada na figura 20.

Figura 20 – Tela de Regime de Trabalho Desenvolvido pelo Trabalhador

SEM NOME

Qual o regime de trabalho desenvolvido pelo trabalhador?
?
(Marque quantas alternativas desejar)

Opção:

☐ Contínuo
☐ 45/15
☐ 30/30
☐ 15/45

Grau de Confiança %:

OK

Por que?

Finalmente, para que o sistema faça a análise do calor encontrado no ambiente, deverá ser informada a temperatura (Figura 21).

Figura 21 – Tela da Temperatura

SEM NOME

Qual a temperatura que está submetido o trabalhador?
(Coloque na faixa abaixo de valores)

Valor:

0

40

OK

Por que?

Após ser informada a temperatura, o sistema conclui a análise relativa ao agente selecionado.

Desta forma, o sistema fará a análise de todos os riscos selecionados pelo usuário, e ao final emitirá um relatório constando: o nome da empresa, o departamento, o nome do funcionário, os dados coletados no ambiente como o tipo de agente, a dose apresentada, diagnosticando a insalubridade ou não do ambiente, especificando as consequências e finalmente informando as medidas corretivas que deverão tomadas, para resolver os problemas encontrados. Também é possível nesta tela, inserir observações que sejam pertinentes ao caso, incluir e imprimir os resultado dos diagnósticos (Figura 22).

Figura 22 – Tela de Relatório de Diagnóstico

The screenshot shows a software window titled "Resultado do diagnóstico". Inside, there is a section titled "Relatório do diagnóstico" with a "Nota" field showing "0,38". The main content area is divided into several sections: "Diagnóstico:" with "RISCO AVALIADO: Vibração", "Vibração de corpo inteiro: Sim", and "Dose: 8"; "RESULTADO DA AVALIAÇÃO:" with the text "O ambiente é insalubre e oferece risco a saúde trabalhador.(Vibração)"; "CONSEQUÊNCIA(S):" with a paragraph about vibration effects and a list of symptoms including insomnia and muscle pain; and "Observações:" with a section for "ANÁLISE DO AVALIADOR:". At the bottom, there are two buttons: "Incluir diagnóstico" and "Imprimir".

Resultado do diagnóstico

Relatório do diagnóstico Nota: 0,38

Diagnóstico:

RISCO AVALIADO: Vibração

Vibração de corpo inteiro: Sim

Dose: 8

RESULTADO DA AVALIAÇÃO:

O ambiente é insalubre e oferece risco a saúde trabalhador.(Vibração)

CONSEQUÊNCIA(S):

As regiões que sofrem mais a ação lesiva das vibrações são as mãos, articulações e os músculos. Tendo em vista que a transmissão de vibrações e trepidações, se dá por via óssea, ela provoca também transtornos nos ouvidos.

- Lesões gerais: insônia, mal estar muscular (semelhante àquele de um exercício físico violento), e irritabilidade.
- Lesões nas mãos:
 - a) "síndrome do dedo morto": transtorno vascular-nervoso, que aparece mais no inverno, e que determina isquemia, com sensação de

Observações:

ANÁLISE DO AVALIADOR:

Incluir diagnóstico Imprimir

4.5.3 - Funções de Monitoramento e Agenda

Na função de monitoramento, o usuário tem a possibilidade de tomar conhecimento a respeito da variação das condições ambientais, mediante as medidas tomadas e as novas situações encontradas ao longo do tempo.

Desta forma, ter o controle da efetividade das decisões tomadas, podendo ainda inserir comentários que achar necessário (Figura 23).

Figura 23 – Tela de Monitoramento

Monitoramento

Funcionário	Data	Hora	Nota
▶ José Antero de Souza	04/10/01	22:42:45	3

Diagnóstico:

INFORMAÇÕES COLETADAS

RISCO AVALIADO: Ruído

Pressão sonora DB: Não

Duração: Sim

Intervalo: Sim

Ruído: Impacto

Observações:

ANÁLISE DO AVALIADOR:

Excluir

Na função de agenda, o usuário poderá anotar os compromissos relativos as medidas a serem adotadas, bem como programar os exames a que deverá ser submetido o trabalhador (Figura 24).

Figura 24 – Tela de Agenda

Esperito - Versão 1.0

Cadastros Diagnósticos Monitoramento Agenda Gráficos Normas Sair

ESperito Empresa: Ville Engenharia

Agenda

Compromisso	Data	Hora	Status
Realizar avaliação audiométrica	25/11/01	15:00:00	Pendente
▶ Realizar exame periódico	10/01/02	14:00:00	Programado

Compromisso: Realizar exame periódico

Data: 10/01/02 Hora: 14:00:00 Status: Programado

Descrição:

É descrito a forma que se deve fazer o exame e o motivo que o levou a tal.

Comentários:

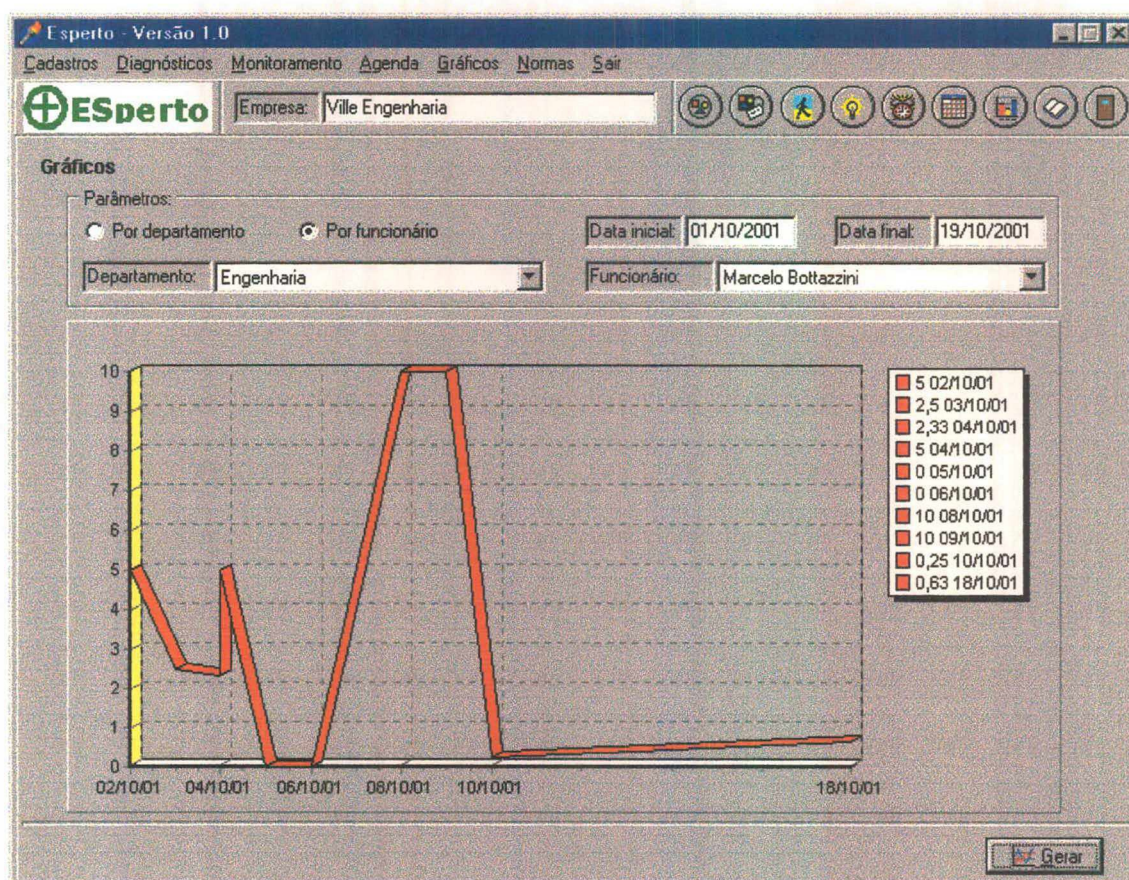
Deve-se fazer neste espaço o comentário que o especialista achar conveniente, a respeito do funcionário, da situação e do ambiente, etc.

Incluir Alterar Confirmar Cancelar Excluir

4.5.4 – Funções de Gráfico e Normas

Na função de gráfico, o usuário tem a possibilidade de consultar o desempenho, tanto relativo a exposição do trabalhador aos riscos, como do departamento, das medidas tomadas, segundo uma avaliação de zero a dez, em um espaço definido de tempo (Figura 25).

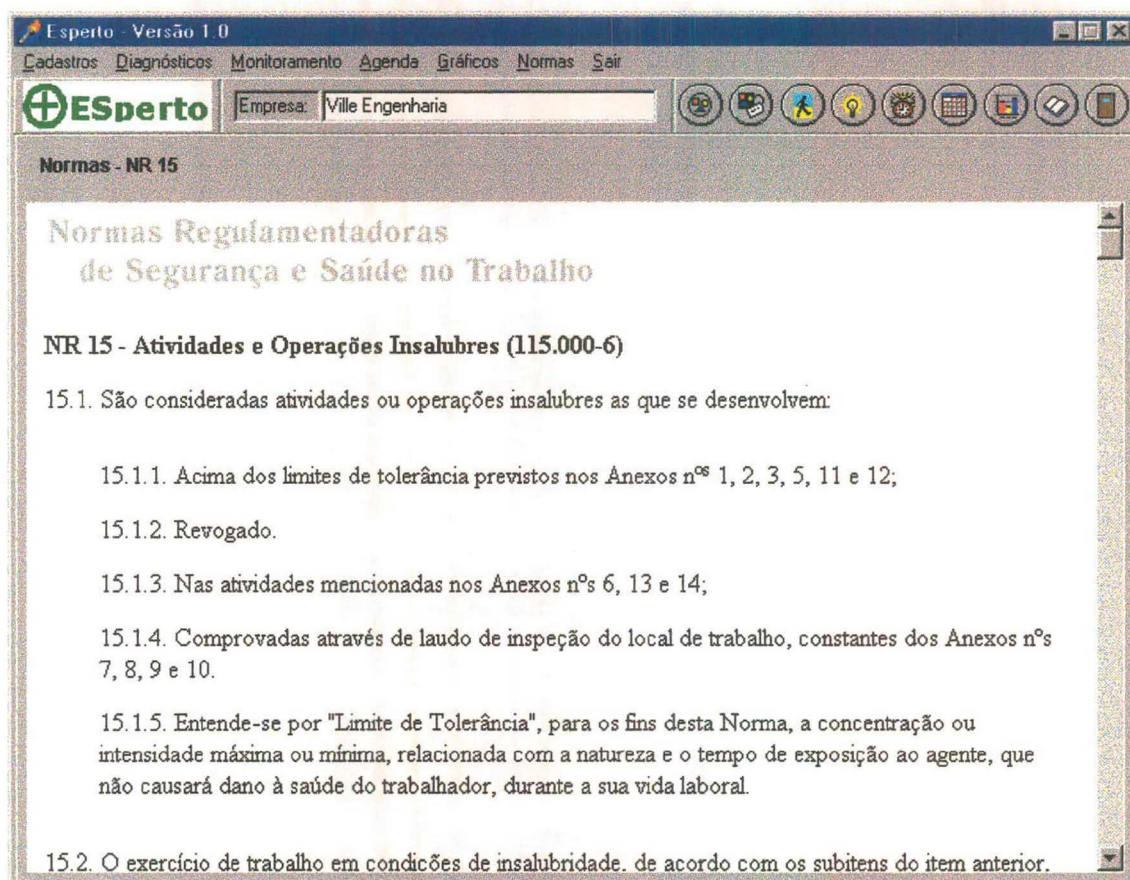
Figura 25 – Tela de Gráfico



Na função de normas, o usuário tem acesso a NR-15 – Norma Regulamentadora N° 15, que trata das Atividades e Operações Insalubres, editadas pelo Ministério do Trabalho, e que são utilizadas como parâmetros para se definir e constatar insalubridades nos ambientes laborais.

Deste modo, esta função facilita a consulta a norma, mediante o surgimento de dúvidas que o usuário possa ter (Figura 26).

Figura 26 – Tela de Norma



4.6 OPERAÇÃO DO SISTEMA

Tendo em vista que o sistema foi construído, utilizando ferramentas para construção de softwares, que produzem interfaces gráficas, ele se torna em um aplicativo interativos, agradável e fácil uso.

Para que a forma de operação seja apresentada, ele foi dividido em diversos módulos descritos a seguir:

- ◆ Módulo de Cadastramento;
- ◆ Módulo de Diagnóstico;

- ♦ Módulo de Monitoramento;
- ♦ Módulo Agenda;
- ♦ Módulo Gráfico;
- ♦ Módulo Normas.

4.6.1 – Módulo de Cadastro

Este módulo possibilita o cadastramento de empresas, departamentos e funcionários. E para que isso seja possível, o usuário deverá acionar o botão “*incluir*” localizado na parte esquerda e inferior da tela, e logo em seguida preencher os campos relativos aos dados que são necessários para a perfeita identificação e produção do relatório final. E logo após deverá acionar o botão confirmar, para que as informações sejam gravadas no banco de dados. De modo que possam ser consultados em qualquer momento que se desejar.

Ele também possui ferramentas que possibilitam a exclusão de qualquer informação, acionando a tecla “*excluir*” localizada no canto direito inferior da tela. Empresas, funcionários podem ser pesquisados, mediante a informação dos parâmetros CNPJ, CPF, ou nome (Figuras 12, 13, 14).

4.6.2 – Módulo de Diagnóstico

Após a seleção do funcionário, é neste módulo que o usuário, interagindo com o sistema irá fornecer os dados colhidos nos locais de trabalhos, com uso de equipamentos adequados a cada risco. A partir daí o sistema emitirá um relatório constando os dados da empresa, do funcionário, os riscos encontrados e sua avaliação, as consequências e as medidas corretivas que serão necessárias serem tomadas. O usuário terá a possibilidade também de

inserir suas observações nos campos destinados para tal, incluir e imprimir o relatório, acionando os respectivos botões no rodapé da tela (Figuras 15 e 22). É neste módulo que é aplicada a tecnologia de Sistemas Especialistas.

4.6.3 – Módulo de Monitoramento

Este módulo tem a finalidade de monitorar a situação do funcionário, do ponto de vista da higiene do trabalho, e para isso bastará a seleção do mesmo, no espaço de relação dos funcionários, informando data e fazendo avaliação através de nota que vai de 0 a 10, sendo inversamente proporcional aos riscos encontrados e sua gravidade. Baseado nas informações do diagnóstico, o usuário poderá, neste módulo, acrescentar observações que achar convenientes (Figura 23).

4.6.4– Módulo Agenda

Neste módulo o usuário terá como agendar os compromissos para que sejam cumpridos no futuro, tanto pelo funcionário como pela empresa, de forma que se cumpram as determinações legais. E para que isso seja possível, após a seleção do funcionário, as informações poderão ser incluídas, alteradas ou excluídas, mediante o acionamento dos respectivos botões que se encontram no rodapé da tela (Figura 24).

4.6.5 – Módulo Gráfico

É neste módulo, que o usuário poderá visualizar o desempenho das medidas tomadas de forma gráfica. E para tanto, basta que sejam escolhidos os parâmetros tais como: departamento, funcionário, data inicial e final do monitoramento e em seguida acionar o botão geral, localizado na parte inferior esquerda da tela (Figura 25). Desta forma fica muito fácil o acompanhamento da situação ambiental mesmo por aqueles que pouco ou nada conhecem sobre assunto.

4.6.6 – Módulo Normas

Caso o usuário tenha alguma dúvida a respeito da decisão tomada, ele poderá consultar a NR-15, que trata das Atividades e Operações Insalubres, editadas pelo Ministério do Trabalho e servem de parâmetros para a avaliação dos riscos ambientais, acionando o botão “*Normas*” que se encontra no canto superior direito da tela (Figura 26).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

*“Chegará um dia em que as máquinas pensem,
porém elas nunca terão fantasias.”*

Theodor Heuss

A prevenção de acidentes e a preservação da saúde dos trabalhadores, aliados as complexidades do processo de análise dos riscos ambientais, que envolvem conhecimentos diversos, em áreas de domínio distintas, é que motivaram o desenvolvimento do Sistema ESPERTO.

O uso da tecnologia de Sistemas Especialistas, mostrou-se apropriado para resolver os problemas de dificuldades, tanto de análise dos riscos existentes nos ambientes de trabalho, como no desenvolvimento do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA. Na medida em que todos os dados colhidos, foram sendo armazenados, para que ao final, o relatório de diagnóstico, constando das medidas corretivas que deverão ser tomadas, pudesse ser produzido, atendendo as exigências da NR-9.

Deste modo, pode-se constatar, que o Sistema ESPERTO, não é apenas uma poderosa ferramenta de apoio ao processo de tomada de decisão, mas também, um importante ambiente para treinamento dos profissionais da área de saúde e segurança no trabalho.

Tendo em vista, a possibilidade de monitorar um número expressivo de empresas, recomenda-se, para o futuro, a adaptação do sistema, para que seja disponibilizado na *Internet*, e assim, ter a possibilidade de dispor de uma ampla avaliação da situação da segurança e saúde no trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSO, Antonio Lopez; ARANDA, Ana Trigueros; BARAZA, Alonso Pere Grin, et al. **Manual de Seguridad en el Trabajo**. Fundación Mapfre. Editorial MAPFRE, S.A. Madrid, 1992. 1.261p.

ALMEIDA, Elizabeth Santos de, TAUHATA, Luiz. **Radiações Nucleares – Usos e Cuidados**. Comissão Nacional de Energia Nuclear – Departamento de Ensino e Pesquisa. Rio de Janeiro, 1990. 83p.

ATZERI, Sérgio. **Sviluppi Normativi Nella Valutazione Degli Effetti Sull'uomo delle Vibrazioni**. Disponível na Internet. <http://www.cantieri-sicurezza.it/cont-sal-04.htm>. 03 de setembro de 2001.

BASTIAS, Hermán Henriquez. **Introducción a la Ingeniería de Prevención Pérdidas**. Conselho Regional do Estado de São Paulo da Associação Brasileira para a Prevenção de Acidentes. São Paulo, 1997. 290 p.

BUENO, Tânia Cristina d'Agostini. **Aquisição do Conhecimento**. Disponível na Internet. http://www.eps.ufsc.br/~oscar/esp_sys/ing/lecture5.htm. 24 de setembro de 2000.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes: Uma Abordagem Holística: Segurança Integrada à Missão Organizacional com Produtividade, Qualidade, Preservação Ambiental e Desenvolvimento de Pessoas**. São Paulo, 1999. 254 p.

CHAIBEN, Hamilton. **Inteligência Artificial na Educação**. Disponível na Internet. <http://www.cce.ufpr.br/~hamilton/iaed/iaed.htm>. 23 de abril de 2001.

CRIPPA, Maurício. **Sistemas Especialistas – A Tecnologia Inteligente como Vantagem Competitiva**. Disponível na Internet.

<http://n27.udesc.br/demo/trabalhos/alunos/mc/>. 26 de agosto de 2000.

DAFRE, Mauro. Evitar Acidentes, Uma Responsabilidade Social. In: **Revista Proteção**. Novo Hamburgo: Ed. n. 1, 1987. CD-ROM.

DE CICCO, Francesco M.G.A.F., Fantazzini, Mário Luiz. Os Riscos Empresariais e a Gerência de Riscos. **Proteção-Suplemento Especial N. 1**, São Paulo, n. 27, Fevereiro-Março, 1994.

DURKIN, John. **Expert System: Design and Development**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1994.

EXPERT SINTA. **Uma Ferramenta Visual para Criação de Sistemas Especialistas – Manual do Usuário**. Disponível na Internet.

<http://www.lia.ufc.br> 07 de julho de 2001.

FERREIRA, Edil Daubian. **Dicionário Nosé – Ilustrado – Nomenclatura de Segurança**. 1. ed. São Paulo: Livraria Everest Editora Pimenta & Cia Ltda, 1980. 606 p.

HART, Anna. **Knowledge Acquisition for Expert System**. Second Edition, McGraw-Hill, 1992.

KELLER, Robert. **Tecnologia de Sistemas Especialistas: desenvolvimento e aplicação**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1991.

LE MOS, David. **A Utilização de Sistemas Especialistas para o Diagnóstico do Uso do Solo e seus Limites de Ocupação**. Florianópolis: UFSC, 1996. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

- MODRO, Nilson Ribeiro. **Sistema Inteligente de Monitoramento e Gerenciamento Financeiro parra Micro e Pequenas Empresas**. Florianópolis: UFSC, 2000. 86 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- MONTEIRO, Marcelo Afonso. Ações de Governo – A Conscientização Deve Ser a Principal Missão dos Órgãos Governamentais. In: **Revista Proteção**. Novo Hamburgo: Ed. n. 16, 1992. CD-ROM.
- NOVAES, Geraldo Eustáquio Ramos de. Por uma Mudança Radical. In: **Revista Proteção**. Novo Hamburgo: Ed. n. 11, 1991. CD-ROM.
- PERROTTI, Francesco Artur. **Curso de Delphi**. Disponível na Internet. <http://hf.zack.vila.bol.com.br/apostilas.htm> . 11 de outubro de 2001.
- RAMOS, Ronaldo Fernandes. **Sistemas Especialistas – Uma Abordagem Baseada em Objetos com Prototipagem de um Seleccionador de Processo de Soldagem**. Florianópolis: UFSC, 1995. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- SAGAZ, Alessandra, ALVES, Daniela Rocha Santana, GUIMARÃES, Pablo Rodrigues , et. al. **Encadeamento para Frente**. Disponível na Internet. <http://home.openlink.com.br/vancastro/caso.html>. 29 de abril de 2001.
- SAGAZ, Alessandra, ALVES, Daniela Rocha Santana, GUIMARÃES, Pablo Rodrigues , et. al. **Encadeamento para Trás**. Disponível na Internet. <http://home.openlink.com.br/vancastro/rna.html>. 29 de abril de 2001.
- SALIBA, Tuffi Messias, CORRÊA, Márcia Angelim C., AMARAL, Lênio Sérgio, *Et. al.* **Higiene do Trabalho e Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. 2. ed. São Paulo: Ed. LTR, 1998. 254 p.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Ruído.**

São Paulo: Ed. LTR, 2000. 112 p.

SANTOS, Ronan Conde. **Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho.**

Alfenas: UNIFENAS, 1999. 53 p. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade de Alfenas, 1999.

SIQUEIRA, Mozart Lemos de. **Redes Semânticas.** Disponível na Internet.

<http://www.inf.ufrgs.br/procpar/disc/cmo135/trabs/992/SemanticNets/artigo.htm>.

28 de abril de 2000.

SOUTO, Daphnis Ferreira. **Doenças do Trabalho Devidas a Riscos**

Biológicos. São Paulo: Sobes – Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança, 2001.

SOUZA, Evandro Abreu de. **O Treinamento Industrial e a Gerência de Ris-**

cos – Uma Proposta de Instrução Programada. Florianópolis: UFSC, 1995. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

TEIVE, Raimundo C.G. **Planejamento da Expansão da Transmissão de Sis-**

temas de Energia Elétrica utilizando Sistemas Especialistas. Florianópolis: UFSC, 1995. 140 p. Proposta de Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

TORREIRA, Raúl Peragallo. **Manual de Segurança Industrial.** São Paulo:

Margus Publicações, 1999. 1.035 p.

WATERMAN, Donald A. **A Guide to Expert System.** Addison-Wesley Publi-

shing Company, USA, 1986.

7 ANEXOS

7.1 – RELAÇÃO DE ALGUMAS SHELLS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

1st-CLASS

Trinzic Corp.

Knowledge Representation: table-form

Inference: induction.

ACE

Knowledge Associates Ltd.

Knowledge Representation: rule-based

Inference: forward and backward chaining.

ART (Automated Reasoning Tool)

Inference Corp.

Knowledge Representation: rule and frame-based.

Inference: Forward chaining.

ESP Frame Engine

Expert System International

Knowledge Representation: frame-based.

Inference: Forward chaining and backward chaining.

Guru First Step

Micro Data Base Systems Inc.

Knowledge Representation: rule-based.

Inference: Forward chaining and backward chaining, mixed Forward chaining and backward chaining, and induction.

KAPPA-PC

IntelliCorp

Knowledge Representation: rule and frame-based and object oriented.

Inference: Forward chaining and backward chaining.

KBMS

Trinzic Corp.

Knowledge Representation: rule and frame-based.

Inference: Forward chaining and backward chaining.

LASER

Bell Atlantic Knowledge Systems Group

Knowledge Representation: frame-based.

Inference: Forward chaining and backward chaining.

Level5

Information Builders Inc.

Knowledge Representation: frame-based.

Inference: Backward chaining.

MacSAMRTS

Cognition Technology Corp.

Knowledge Representation: table-form.

Inference: Induction.

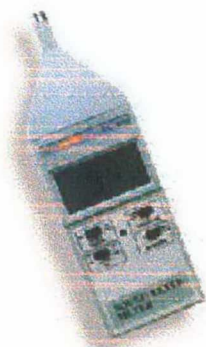
Nexpert Object

Neuron Data

Knowledge Representation: rule and frame-based.

Inference: Forward chaining and backward chaining.

7.2 - DECIBELÍMETRO



DL - 4000
DIPLAY LCD: 3 ½ DIG.
30 A 130 Db (3 ESCALAS)
RESOLUÇÃO: 0,1 Db
MEMÓRIA DE MÁXIMO
FREQUÊNCIA: 31,5 A 8 KHz
NORMA IEC-651 TIPO 2
SINAL DE SAÍDA
CALIBRAÇÃO INTERNA
MICROFONE CAPITATIVO
RESPOSTA RÁPIDA E LENTA
DIM.: 245X80X35 mm
PESO: 300 g.

7.3 - ACELERÔMETRO



Medidor de Vibrações NK 300

É um medidor com indicação em mostrador de cristal líquido, muito leve, ideal para medidas diárias de vibração. É alimentado por uma bateria de 9 V.

Seu sensor de vibração é um acelerômetro NK20 que pode ser utilizado com Base Magnética ou com haste de contato.

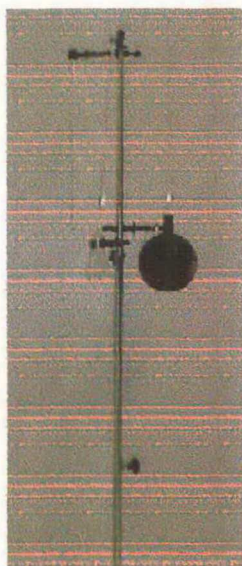


Acelerômetro NK 25

É um acelerômetro Piezométrico desenvolvido especialmente para instalação em ambientes industriais, fornecido com classe de proteção IP-65.

Possui amplificador de carga interno, resposta em frequência de 5 Hz a 7.000 Hz, sensibilidade nominal de 60 m V/g, e temperatura de operação de 0 a 70 graus Celsius.

7.4 - TERMÔMETROS



Termômetro de Bulbo Seco, Termômetro de Bulbo Úmido Natural e Termômetro de Globo.

7.5 – CONTADOR GEIGER



Contador Geiger Müller.

7.6 – BOMBAS DE AMOSTRAGENS E TUBOS COLORIMÉTRICOS



Fotoionizador para VOC's na faixa de partes-por-bilhão (ppb).



Monitor de composto específico para vapores orgânicos.



Bomba eletrônica para tubos colorimétrico.



Monitor multigás.

GLOSSÁRIO

ANOXIA	Deficiência de oxigênio nos órgãos ou nos tecidos.
ARRITMIA	Perturbação ou desvio do ritmo.
APICAL	Terminado em ápice.
ARTRÓPODES	Animais enterozoários de simetria bilateral.
ARTROSE	Afecção não inflamatória, degenerativa, de uma articulação.
AXILAR	Pertencente ou relativo à axila.
BASAL	Relativo a base.
BASILAR	Que serve de base.
BRAQUIAL	Pertencente ou relativo ao braço.
CARPO	Cada um dos oito ossos que compõem o esqueleto do punho ou pulso.
CEFALÉIA	Dor de cabeça.
CEFÁLICO	Relativo ou pertencente à cabeça ou ao cérebro.
CERATITE	Inflamação da córnea.
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho.
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear.
dB	Decibel – Unidade de medida de pressão sonora.
DELTÓIDE	Que tem forma de delta.
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva.
EPI	Equipamento de Proteção Individual.
ERITÊMICO	Relativo ao grande aumento do número de glóbulos vermelhos do sangue.
ESCAPULAR	Referente ao ombro.
ESFINCTER	Designação comum a diversos músculos anulares com que se apertam ou alargam vários ductos naturais do corpo.
ESPASMO	Contração súbita e involuntária dos músculos; convulsão.
EXOSTOSE	Proliferação óssea na superfície de um osso.
EXSUDAÇÃO	Transpiração.

FIBRILAÇÃO	Contrações excessivamente rápidas das fibrilas musculares.
GÂNGLIO	Dilatação no trajeto dos nervos, de onde irradiam fibras nervosas.
HELMINTOS	Entozoário ou verme intestinal.
HERTZ (Hz)	Unidade de frequência sonora.
HIPOTÊNAR	Saliência da palma da mão, na direção do dedo mínimo.
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo.
ISO	Organização Internacional para Normalização.
INFERÊNCIA	Ato de deduzir pelo raciocínio.
INFRA-SOM	Onda mecânica cuja frequência é inferior à da onda acústica mais grave (Aproximadamente 16 Hz).
INSOLAÇÃO	Resultado mórbido da exposição ao sol.
INTERMAÇÃO	Afecção orgânica produzida pelo calor, sem ação do sol.
LASER	Light Amplification by stimulated emission of radiation.
LETARGIA	Estado patológico caracterizado por um sono profundo e contínuo no qual as funções da vida parecem suspensas.
LT	Limite de tolerância.
M(Kcal/h)	Taxa de metabolismo em quilocaloria por hora.
METABOLISMO	Conjunto de transformações químicas.
MICROONDAS	Radiação eletromagnética com frequência da ordem de centenas de megahertz.
miliwatts/cm ²	Unidade de potência das radiações não ionizantes.
MSv/ano	Unidade de radiação ionizante em milisievert por ano.
NASA	National Aeronautics and space Administration.
N/m ²	Nível de pressão sonora em Newuton por metro quadrado.
NPS	Nível de pressão sonora.
NR	Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho.
NR-9	Norma Regulamentadora número nove.
NR-15	Norma Regulamentadora número quinze.
OIT	Organização Mundial do Trabalho.
OLIGÚRIA	Diminuição do volume de urina.

OSSICULAR	Relativo a pequenos ossos.
ÓSTEO	Tecido ósseo.
OSTEÓFITO	Excrescência óssea.
PNEUMOCONIOSE	Estado mórbido resultante da infiltração do pulmão pelas poeiras inaladas.
PLEXO	Entrelaçamento de muitas ramificações de nervos ou de filetes musculares.
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.
PRODRÔMICO	Relativo à indisposição que antecede uma doença.
RAQUIDIANO	Relativo ou pertencente à espinha dorsal.
ROTURA	Ruptura.
SÍNCOPE	Queda súbita da pressão arterial.
SÍSMICO	Relativo a, ou produzido por sismos ou terremotos.
TAQUICARDIA	Pulsção anormalmente rápida do coração.
TÊNAR	Eminência da parte ântero-externa da mão.
TENOSSINOVITE	Inflamação da bainha de um tendão.
TRAUMATISMO	Perturbações causadas de maneira súbita por agente físico.
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina.
ULTRA-SOM	Oscilação de natureza acústica com frequência superior a 20.000 Hz.
VASCULAR	Referente à vasos sangüíneos.